

TUGAS AKHIR

**ANALISA STRUKTUR LAMINATE FIBREGLASS
REINFORCED PLASTIC (FRP) SANDWICH
DENGAN KONFIGURASI SERAT TRIAXIAL
UNTUK KAPAL CEPAT**

RSPe
668.414
Kur
a-1

1997



Oleh:
Didi Kurniadi

41 91 100 005

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1997

Sujud sembahku untuk Mu Ya ALloh, Engkau telah memelihara tali kasih sayang dalam keluargaku.

Untuk kedua orang tuaku,
Mamah, Bapa, Kasih Sayang'Mu adalah cahaya yang telah menerangi dan membimbing perjalananku.

Untuk Tétéh, Aa sareng Rai
Ka Cai Jadi Saleuwi, Ka Darat Jadi Salebak

Keputih, Suroboyo Maret 1997



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

No. : 131 /PT12.FTK2/M/1996.

Nama Mahasiswa : Didi Kurniadi
Nomor Pokok : 4191100005
Tanggal diberikan tugas : 02 Oktober 1996
Tanggal selesai tugas : 01 Maret 1997
Dosen Pembimbing : 1. Ir. P. Eko Pamunggal, Ph.D.
2.

Uraian / judul tugas akhir yang diberikan :

#ANALISA STRUKTUR LAMINATE FIBREGLASS REINFORCED PLASTIC (FRP) SANDWICH-
DENGAN KONFIGURASI SERAT TRIAXIAL UNTUK KAPAL CEPAT#

son

Surabaya, 02 Oktober 1996
Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS



Tembusan :

1. Yth. Dekan FTK-ITS.
2. Yth. Dosen Pembimbing.
3. Arsip.

**ANALISA STRUKTUR LAMINATE FIBREGLASS
REINFORCED PLASTIC (FRP) SANDWICH
DENGAN KONFIGURASI SERAT TRIAXIAL
UNTUK KAPAL CEPAT**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Perkapalan**

Pada

**Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. P. Eko Panunggal , Ph.D

NIP. 130 286 963

SURABAYA

Maret 1997

ABSTRAK

Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich terdiri dari laminate kulit pada sisi atas dan sisi bawah serta lapisan inti pada bagian tengah. Fibreglass merupakan serat penguat laminate kulit, resin berfungsi sebagai pengikat serat dan lapisan inti membuat panel menjadi kaku.

Penelitian ini membandingkan pemakaian serat woven roving dengan serat triaxial pada laminate kulit Panel FRP Sandwich untuk lambung kapal cepat. Material pembentuk laminate kulit yang diteliti terbuat dari resin poliester (YUKALAC 157 BQTN-EX) sebagai matriks dan serat woven roving dan serat triaxial sebagai penguat utama. Pembuatan spesimen dilakukan dengan cara hand lay up. Perhitungan kekuatan struktur Panel FRP Sandwich untuk kapal cepat yang ditinjau berdasarkan peraturan Det Norske Veritas (DNV), Norwegia.

Berdasarkan hasil pengujian tarik dan perhitungan didapat bahwa kekuatan tarik dan modulus elastisitas laminate kulit yang menggunakan serat triaxial lebih tinggi dibandingkan serat woven roving. Panel FRP Sandwich yang menggunakan serat triaxial menghasilkan defleksi, berat dan biaya material yang lebih kecil.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat berkah, dan hidayahnya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ *ANALISA STRUKTUR LAMINATE FIBREGLASS REINFORCED PLASTIC (FRP) SANDWICH DENGAN KONFIGURASI SERAT TRIAXIAL UNTUK KAPAL CEPAT* “.

Adapun Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Perkapalan pada Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Eko Panunggal, Ph.D sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Kustowo S.W, sebagai Ketua Jurusan Teknik Perkapalan ITS.
3. Bapak Ir. Anjar Suharto, sebagai Sekertaris Jurusan Teknik Perkapalan ITS.
4. Bapak Joris dan Bapak Richard sebagai pimpinan PT. Marspec serta seluruh karyawan (*thank's Sir*).
5. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bimbingan selama perkuliahan.
6. Kepala Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan FTK-ITS beserta seluruh karyawan.
7. Kepala Perpustakaan PT.PAL beserta seluruh staf.

8. Kepala Perpustakaan ITS beserta seluruh staf.
9. Kepala Ruang Baca FTK-ITS beserta staf.
10. Seluruh staf dan karyawan FTK-ITS.
11. Mamah, Bapa dan saudara-saudaraku yang telah memberikan semua kasih sayangnya dengan tulus.
12. Mas Hari dan Mas Oon sekeluarga.
13. Semua rekan yang telah lulus maupun yang masih semangat kuliah, rekan semuanya telah menjadi keluargaku di ITS.
14. Serta kepada perempuan yang merasa menjadi kekasihku.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan yang perlu disempurnakan. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik dari pembaca demi tercapainya kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pada akhirnya penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya, Insya Allah.

Wassalam

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAKSI	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
 BAB II PENGENALAN FIBREGLASS REINFORCED PLASTIC (FRP) SANDWICH	 7
2.1. Tinjauan Umum	7
2.2. Material Pembentuk FRP Sandwich	9
2.2.1. Resin	9
2.2.2. Serat Penguat (Fibreglass Reinforcement)	13

2.2.3. Bahan Pendukung	18
2.2.4. Lapisan Inti	20
2.2.5. Bahan Pengisi Lapisan Inti	23
BAB III	
PERSIAPAN, PROSEDUR DAN HASIL PENGUJIAN	24
3.1. Perhitungan Perencanaan Ketebalan dan	
Kekuatan Tarik Lamina	24
3.1.1. Perhitungan Ketebalan Lamina	24
3.1.2. Perhitungan Fraksi Volume Lamina	25
3.1.3. Perhitungan Kekuatan Tarik Lamina kulit	26
3.2. Perencanaan Spesimen Pengujian	27
3.2.1. Perencanaan Dimensi Spesimen Pengujian	28
3.2.2. Perhitungan Berat Material Pembentuk	
Lamina Spesimen	29
3.2.3. Perhitungan Ketebalan Lamina Spesimen Pengujian	32
3.2.4. Perhitungan Fraksi Volume Serat Penguat dan Resin	35
3.2.5. Perkiraan Kekuatan Tarik Lamina Spesimen	38
3.3. Perencanaan Susunan Laminat Kulit FRP Sandwich	40
3.4. Proses Pembuatan Spesimen Uji	41
3.4.1. Penyiapan Bahan dan Peralatan	42
3.4.2. Proses Pengerjaan Spesimen	43
3.5. Prosedur dan Proses Pengujian Spesimen	44

3.6. Perhitungan Hasil Pengujian Tarik	46
3.6.1. Kekuatan Tarik Lamine Kulit FRP Sandwich	47
3.6.2. Modulus Elastisitas Lamine Kulit FRP Sandwich	47
3.7. Perhitungan Angka Poisson Lamine Kulit FRP Sandwich	48
3.8. Perhitungan Ketebalan Lamine Kulit Spesimen Uji	49
 BAB IV	
PERHITUNGAN KULIT LAMBUNG KAPAL CEPAT MENURUT PERATURAN DET NORSKE VERITAS	51
4.1. Perhitungan Pembebanan Pada Lambung Kapal Cepat	51
4.2. Perhitungan Kekuatan Struktur Lamine Kulit FRP Sandwich	57
4.2.1. Perhitungan Komposisi Berat Serat Penguat Menerus pada Spesimen Lamine Kulit FRP Sandwich	58
4.2.2. Perhitungan Ketebalan Lamine Kulit FRP Sandwich untuk Lambung Kapal Cepat	
4.3. Perhitungan Kekuatan Struktur Panel FRP Sandwich pada Lambung Kapal Cepat	60
4.3.1. Perhitungan Defleksi	61
4.3.2. Perhitungan Tegangan Normal Maksimum Pada Lamine Kulit	63
4.3.3. Perhitungan Tegangan Geser Maksimum	64



4.4. Perhitungan Biaya dan Berat Material	65
BAB V	ANALISA HASIL PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN
5.1. Berdasarkan Pengujian Tarik	66
5.1.1. Kekuatan Tarik Lamine Kulit FRP Sandwich	66
5.1.2. Modulus Elastisitas	67
5.2. Berdasarkan Perhitungan Det Norske Veritas	68
5.2.1. Defleksi Pada Lambung Dasar dan Lambung Sisi	68
5.2.2. Tegangan Normal Pada Lambung Dasar dan Lambung Sisi	71
5.2.3. Tegangan Geser Pada Lambung Dasar dan Lambung Sisi	72
5.3. Berdasarkan Perhitungan Biaya dan Berat Material	74
5.3.1. Biaya Material Pembentuk Panel FRP Sandwich	74
5.3.2. Berat Material Pembentuk Panel FRP Sandwich	76
BAB VI	KESIMPULAN
	80
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
<ul style="list-style-type: none"> • Lampiran II.A (Spesifikasi Divinycell H Grade) • Lampiran II.B (Spesifikasi Divilette 600) • Lampiran III.A (Kekuatan Tarik spesimen uji) 	

- Lampiran III.B (Modulus Elastisitas spesimen uji)
- Lampiran III.C (Angka Poisson spesimen uji)
- Lampiran III.D (Tebal laminate kulit spesimen uji)
- Lampiran IV.A (Prosentasi berat serat menerus terhadap serat spesimen uji)
- Lampiran IV.B (Ketebalan laminate kulit menurut DNV)
- Lampiran IV.C (Tabel perhitungan kekuatan struktur Panel FRP Sandwich)
- Lampiran IV.D (Tabel perhitungan berat dan biaya material Panel FRP

Sandwich)

- Lampiran V (Volume resin tiap lamina spesimen uji)
- Lampiran VI (Tabel dan grafik dari DNV yang dipakai dalam perhitungan)
- Lampiran VII. (Gambar kapal cepat KPLP 12 m)
- Lampiran VIII. (Daftar harga material)
- Lampiran IX (Gambar spesimen hasil pengujian)

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. LATAR BELAKANG MASALAH

Serat penguat menerus (*continouos fibreglass*) yang biasa dipakai sebagai serat yang memberikan kekuatan utama pada laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich untuk bangunan kapal adalah serat Woven Roving. Serat woven roving ini merupakan lembaran yang terbuat dari continuous roving yang dianyam saling tegak lurus. Namun belakangan ini telah dikembangkan serat penguat menerus Tri-axial sebagai serat yang memberikan kekuatan utama pada laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich.

Adapun konfigurasi serat penguat Tri-axial ini terdiri dari tiga layer serat penguat (*continouos roving*) arahnya sebagai berikut : layer pertama membentuk sudut $+ 45^{\circ}$ terhadap sumbu utama , layer kedua membentuk sudut $- 45^{\circ}$ dan layer ketiga membentuk sudut 0° terhadap sumbu utama sedangkan layer satu dengan lainnya dijahit ⁽¹⁾.

Untuk mengetahui keunggulan material Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) dengan konfigurasi serat penguat Triaxial dibandingkan dengan konfigurasi serat penguat Woven Roving maka perlu dilakukan suatu analisa, sehingga kita dapat membandingkan keuntungan yang didapat dari penggunaan kedua material ini. Adapun klasifikasi yang akan digunakan untuk perhitungan konstruksi kapal cepat

yaitu Det Norske Veritas (DNV) ^(2) ,” High Speed And Light Craft “, Patrol Boats, Januari 1995

1. 2. PERUMUSAN MASALAH

Pada proses pembuatan kapal cepat dengan material komposit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich salah satu, permasalahan yang harus diperhatikan yaitu konfigurasi serat penguat menerus yang akan dipakai :

- Apakah serat penguat Triaxial dapat lebih meningkatkan kekuatan tarik dan dapat mengurangi berat material laminate kulit FRP Sandwich jika dibandingkan dengan serat penguat Woven Roving ?
- Apakah serat penguat serat Triaxial dapat dipakai untuk laminate kulit FRP Sandwich pada kapal cepat ?

1. 3. BATASAN MASALAH

1. Laminate kulit FRP Sandwich yang ditinjau adalah pada lambung kapal cepat yaitu terdiri dari :
 - Kulit luar bagian alas badan kapal
 - Kulit dalam bagian alas badan kapal
 - Kulit luar bagian sisi badan kapal
 - Kulit dalam bagian sisi badan kapal
2. Perhitungan struktur laminate FRP Sandwich kapal yang ditinjau menurut peraturan Det Norske Veritas (DNV), Norwegia.

3. Perhitungan biaya material pembentuk laminate panel FRP Sandwich berdasarkan harga jual dari DIAB PTY LTD, AUSTRALIA.
4. Data kapal cepat yang ditinjau yaitu Kapal Patroli Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich dengan ukuran utama :

- Length Over All = 12 m ; Waterline Length (L) = 10.8 m
- Breadth = 3.5 m ; Waterline beam (Bwl) = 3.0 m
- Height = 1.55 m ; Draft = 0.6 m
- Top Speed = 35.0 knots ; Displacement = 8.0 ton
- Service restriction within 150 miles of safe anchorage
- Deadrise angle = 12° ; Running trim angle = $5,0^{\circ}$

5. Pengujian material dilakukan dengan "Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials", D 3039 M - 93, *ASTM standards and Literature References for Composite Materials*, American Society For Testing and Materials, Philadelphia, PA 1994.

dengan ukuran spesimen sbb:

Panjang total	:	150 mm
Panjang pengukuran	:	60 mm
Lebar pengukuran	:	15 mm
Tebal	:	2 mm - 10 mm

6. Laminate kulit yang diuji terdiri dari :

1. Laminate dengan variasi chopped strand mat - woven roving
2. Laminate dengan variasi chopped strand mat - Triaxial

1. 4. TUJUAN

Adapun tujuan dari analisa ini yaitu :

- Untuk mengetahui kekuatan struktur laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich yang menggunakan serat penguat Triaxial dibandingkan dengan serat Woven Roving.
- Untuk mengetahui apakah dengan menggunakan serat penguat Triaxial dapat mengurangi biaya dan berat material laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich.

1. 5. MANFAAT

- Diharapkan didapat data yang dapat dipercaya untuk memilih serat Triaxial pada laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich yang dapat digunakan untuk kulit lambung kapal cepat dengan unjuk kerja dan biaya yang lebih baik.

1. 7. SISTEMATIKA PENULISAN

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi : latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat, sistematika penulisan.

BAB II : PENGENALAN FIBREGLASS REINFORCED PLASTIC (FRP)
 SANDWICH

Berisi : Pengertian Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich tinjauan umum, Material pembentuk Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich, Resin, Serat penguat (fibreglass reinforcement) Lapisan Inti (Sandwich cores) , Bahan Pendukung.

BAB III : PERSIAPAN, PROSEDUR DAN HASIL PENGUJIAN

Berisi : Penentuan kebutuhan komposisi laminate kulit (*shell laminates*) fibreglass reinforced plastic (FRP) sandwich, proses pembuatan spesimen, prosedur dan proses pengujian, pencatatan hasil pengujian.

BAB IV : PERHITUNGAN STRUKTUR LAMINATE KULIT LAMBUNG
 MENURUT PERATURAN DET NORSKE VERITAS

Berisi : Perhitungan pembebanan pada lambung, Perhitungan kekuatan struktur laminate Panel FRP Sandwich, Perhitungan Biaya dan berat material untuk Panel FRP Sandwich.

BAB V : ANALISA HASIL PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN

Berisi : Analisa hasil pengujian spesimen, Analisa kekuatan struktur laminate Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

dengan konfigurasi serat woven roving dan serat triaxial. Analisa Berat dan Biaya laminate Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich dengan konfigurasi serat woven roving dan serat triaxial.

BAB VI KESIMPULAN

BAB II

PENGENALAN FIBREGLASS REINFORCED PLASTIC (FRP)

SANDWICH

2.1. Tinjauan Umum

Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich merupakan komposit yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui proses pencampuran yang tidak homogen, dengan sifat mekanik dari masing masing material pembentuknya berbeda. Dari proses pencampuran ini akan dihasilkan material FRP Sandwich yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Dalam proses pembuatan FRP Sandwich kita dapat dengan leluasa mengatur dan merencanakan kekuatan mekaniknya yaitu dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya.

Adapun keuntungan pemakaian FRP Sandwich untuk konstruksi kapal yaitu :

- Kekuatan yang tinggi. FRP Sandwich memiliki perbandingan kekuatan tarik, kekuatan lengkung dan kekuatan tekan terhadap berat yang sangat tinggi. Material yang ringan tetapi memiliki kekuatan yang tinggi adalah alasan utama mengapa material ini dipakai untuk konstruksi kapal cepat. ⁽³⁾

- Ketahanan terhadap keretakan kelelahan dan korosi yang sangat tinggi. Dengan karakteristik ini maka pemakaian FRP Sandwich untuk material bangunan kapal kapal akan lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan material logam. ⁽³⁾
- Kestabilan bentuk yang baik, dimana laminate kulit FRP Sandwich yang telah melalui proses *curing* (proses perubahan sifat fisis material resin dari kondisi cair menjadi padat) yang sempurna, kestabilan bentuknya akan tinggi sekali. Dalam hal ini kestabilan bentuk shell laminate Fibreglass FRP Sandwich juga dipengaruhi oleh kandungan serat penguat dimana makin tinggi kandungan serat penguat (*fibreglass reinforcement*) maka koefisien muai panas dan kontraksi akan semakin berkurang sehingga bentuk akan tetap terjaga. ⁽³⁾
- Flexibel dalam perancangan. Dalam hal ini karakteristik struktur laminate kulit FRP Sandwich dapat kita rencanakan sesuai dengan kondisi pembebanan yang mungkin akan diterima konstruksi serta mudah dibentuk sesuai dengan bentuk badan kapal. ⁽⁴⁾
- Biaya material dan proses produksi pembangunan kapal lebih murah jika dibandingkan dengan material aluminium. ⁽⁴⁾
- Biaya operasional lebih murah karena biaya pemeliharaan kerusakan material akibat korosi dan retak lelah dapat dikurangi. Pemakaian bahan bakar menjadi lebih sedikit karena bobot kapal menjadi ringan

dibandingkan material logam. Selain itu dengan daya mesin relatif lebih kecil kapal dapat dioperasikan pada kecepatan yang lebih tinggi ⁽⁵⁾

- Biaya investasi peralatan yang relatif rendah. Peralatan yang diperlukan untuk pembangunan kapal dengan material FRP Sandwich lebih murah jika dibandingkan peralatan yang diperlukan untuk pembangunan kapal yang sama dengan material dari logam, sehingga kapal dengan material FRP Sandwich dapat dibangun dengan dana yang relatif kecil. ⁽⁴⁾

2.2. MATERIAL PEMBENTUK FRP SANDWICH

Komposit FRP Sandwich dibentuk dari tiga jenis material yang berbeda serta bahan pendukung yaitu ⁽⁶⁾ :

1. Resin, umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan tarik dan rigiditas yang lebih rendah.
2. Serat penguat, merupakan serat yang memiliki sifat getas tetapi rigiditas dan kekuatan tarik yang tinggi.
3. Bahan pendukung, yaitu bahan yang ditambahkan untuk membantu proses pembuatan laminate FRP Sandwich.
4. Lapisan Inti

2.2.1. Resin

Resin merupakan material pengikat serat penguat yang mempunyai kekuatan tarik serta kekakuan lebih rendah dibandingkan serat penguatnya.

Ada beberapa jenis resin antara lain ⁽⁶⁾ :

1. Polyester (Orthophthalic), resin type ini sangat tahan terhadap proses korosi air laut dan asam encer. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut :

- Masa jenis : 1.23 gr / cm^3
- Modulus Young : 3.2 GPa
- Angka Poisson : 0.36
- Kekuatan Tarik : 65 MPa

2. Polyester (Isophthalic), resin tipe ini tahan terhadap panas dan larutan asam dan kekerasannya lebih tinggi serta kemampuan menahan resapan air (*adhesion*) yang paling baik dibandingkan dengan resin tipe ortho. Penggunaan resin tipe ini hanya pada kondisi tertentu. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut :

- Masa Jenis : 1.21 gr / cm^3
- Modulus Young : 3.6 GPa
- Angka Poisson : 0.36
- Kekuatan Tarik : 60 MPa

3. Epoxy, resin tipe ini mampu menahan resapan air (*adhesion*) sangat baik dan kekuatan mekanik yang paling tinggi. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut :

- Masa Jenis : 1.20 gr / cm^3
- Modulus Young : 3.2 GPa

- Angka Poisson : 0.37
- Kekuatan Tarik : 85 Mpa

4. Vinyl Ester, resin tipe ini mempunyai ketahanan terhadap larutan kimia (*chemical resistance*) yang paling unggul. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut :

- Masa Jenis : 1.12 gr / cm^3
- Modulus Young : 3.4 GPa
- Kekuatan Tarik : 83 MPa

5. Resin tipe Phenolic, resin tipe ini tahan terhadap larutan asam dan larutan alkali. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut :

- Masa Jenis : 1.15 gr / cm^3
- Modulus Young : 3.0 GPa
- Kekuatan Tarik : 50 MPa

Adapun jenis resin yang umum dipakai untuk bangunan kapal adalah tipe orthophthalic poliester resin. Resin tipe ini harganya paling murah dibandingkan tipe lainnya, dan tahan terhadap proses korosi yang disebabkan oleh air laut sehingga sangat cocok untuk material bangunan kapal ⁽⁶⁾. Dengan sifatnya ini, kerusakan yang disebabkan karena proses korosi dapat dihindari sehingga biaya perawatan untuk kulit lambung dari material ini lebih murah jika dibandingkan biaya perawatan kulit lambung dari material logam maupun kayu.

Resin poliester memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan. Keunggulan resin poliester adalah sebagai berikut ⁽⁷⁾:

1. Viskositas yang rendah sehingga mempermudah proses pembasahan / pengisian celah antara pada serat penguat (woven roving).
2. Harganya relatif lebih murah.
3. Ketahanan terhadap lingkungan korosif sangat baik kecuali pada larutan alkali.

Sedangkan kelemahannya adalah :

1. Pada saat pengeringan terjadi penyusutan dan terjadi kenaikan temperatur sehingga lamina menjadi getas. Hal ini biasanya disebabkan oleh penambahan katalis dan accelerator yang berlebih sehingga waktu curing menjadi lebih cepat.
2. Mudah terjadi cacat permukaan / goresan.
3. Mudah terbakar.

Resin tipe ini termasuk thermosetting plastic yaitu proses perubahan sifat fisis dari bentuk cairan menjadi bentuk padat (*polymerization*) melalui proses panas. Proses perubahan bentuk resin polyester ini dapat terjadi karena proses panas yang dihasilkan dari dalam resin polyester sendiri (*exothermic heat*) dan bisa juga karena pengaruh pemberian panas dari lingkungan luar atau penggabungan keduanya. Proses kimia dari dalam resin yang dimaksud adalah adanya penambahan zat / bahan katalis yang menimbulkan reaksi kimia awal dan accelerator untuk mempercepat proses polimerisasi pada larutan resin polyester. Resin polyester juga bisa berubah dari bentuk cair menjadi bentuk padat karena pengaruh lingkungan luar yang berlangsung secara menerus dan dalam jangka

waktu yang lama, untuk mencegah proses ini biasanya kedalam larutan resin polyester tersebut ditambahkan zat inhibitor ⁽⁷⁾.

2.2.2. Serat Penguat (*Fibreglass Reinforcement*)

Serat penguat merupakan serat gelas yang memiliki kekakuan dan kekuatan tarik yang tinggi serta modulus elastisitas yang cukup tinggi.

Adapun fungsi dari serat penguat ialah ⁽⁴⁾ :

- Meningkatkan kekuatan tarik dan kekakuan lengkung.
- Mempertinggi kekuatan tumbuk ⁽¹⁾.
- Meningkatkan ratio kekuatan terhadap berat.
- Menjaga / mempertahankan kesetabilan bentuk.

Ada beberapa jenis serat penguat ⁽⁶⁾ antara lain :

1. Serat E - glass (*Electrical Glass*), Adapun data teknis serat gelas adalah sebagai berikut :

- Masa Jenis : 2.55 gr / cm^3
- Modulus Young : 72 GPa
- Angka Poisson : 0.2
- Kekuatan Tarik : 2.4 GPa

2. Serat S2 - glass (*Strength glass*)

- Masa Jenis : 2.50 gr / cm^3
- Modulus Young : 88 GPa
- Angka Poisson : 0.2

- Kekuatan Tarik : 3.4 GPa

3. High strength carbon

- Masa Jenis : 1.74 - 1.81 gr / cm³
- Modulus Young : 248 - 345 GPa
- Kekuatan Tarik : 3.1 - 4.5 GPa

4. Aramid (Kevlar 49)

- Masa Jenis : 1.45 gr / cm³
- Modulus Young : 124 GPa
- Kekuatan Tarik : 2.8 GPa

Serat penguat yang sering digunakan untuk bangunan kapal adalah adalah jenis E - glass (Electrical glass), jenis serat penguat high strength carbon hanya digunakan untuk keperluan khusus yaitu untuk mempertinggi kekakuan, dalam hal ini untuk mempertinggi ketahanan tembakan pada daerah kritis di lambung atau bangunan atas, sedangkan jenis serat S2 - glass banyak digunakan untuk konstruksi pesawat, adapun jenis serat aramid memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi dipakai sebagai serat penguat pada matriks mettalic atau ceramic dan dianjurkan digunakan untuk mempertinggi ketahanan ledak / tembak. ⁽⁶⁾

Serat penguat yang umum dipakai untuk bangunan kapal terdiri dari beberapa jenis menurut bentuk dan konfigurasi dari serat penguat. Adapun jenis serat penguat gelas tersebut adalah sebagai berikut ⁽⁷⁾:

1. Jenis Chopped Strand Mat, dalam pemakaian di industri sering disebut Mat atau Matto, berupa potongan potongan serat fiberglass sepanjang 0.25 - 2 inch

yang disusun secara acak dan dibentuk menjadi suatu lembaran. Jenis ini merupakan serat penguat dengan konfigurasi serat acak dan merupakan serat penguat tidak menerus. Serat penguat yang digunakan yaitu E-glass. Pada proses pembuatan lamina, perbandingan antara berat serat chopped strand mat dengan resin adalah sekitar 25 - 35 % chopped strand mat dan 65 - 75 % resin polyester. Lamina chopped strand mat ini biasanya digunakan sebagai lapisan pengikat antara supaya tidak terjadi slip pada proses pembuatan lamina berikutnya (lamina serat woven roving atau serat triaxial). Juga sering dipasang sebagai lamina pertama dan terakhir dengan tujuan supaya laminate kulit paling dalam dan luar menjadi lebih halus. Dalam pemakaian sehari-hari dan yang umum digunakan untuk bangunan kapal, serat chopped strand mat terdiri dari :

a) Chopped strand mat 300 gram / m² (mat 300) dengan data teknis sbb:

Berat spesifik (W / m^2) _f	:	300 gram / m ²
Kekuatan tarik (σ_{uf})	:	213 MPa
Modulus elastisitas (E_f)	:	16 GPa
Angka poisson (ν_f)	:	0.2

b) Chopped strand mat 450 gram / m² (mat 450) dengan data teknis sbb:

Berat spesifik (W / m^2) _f	:	450 gram / m ²
Kekuatan tarik (σ_{uf})	:	213 MPa
Modulus elastisitas (E_f)	:	16 GPa
Angka poisson (ν_f)	:	0.2

2. Jenis Woven roving merupakan serat penguat menerus berbentuk anyaman dengan arah yang saling tegak lurus. Pada proses pembuatan lamina, perbandingan berat antara serat woven roving dengan resin yang digunakan adalah sekitar 45 - 50 % serat woven roving dan 50 - 55 % resin polyester dari fraksi berat, untuk bangunan kapal umumnya sering dipakai komposisi 50 % serat woven roving dan 50 % resin polyester dalam satu lamina. Lamina woven roving ini biasanya digunakan sebagai lamina utama yang memberikan kekuatan tarik dan kekuatan lengkung lebih tinggi dibandingkan lamina chopped strand mat. Dalam proses pembuatan lamina serat woven roving lebih sulit untuk dibasahi oleh resin dan terkadang larutan resin relatif sulit untuk mengisi celah anyaman serat woven roving. Dengan kandungan resin poliester yang relatif lebih sedikit dibandingkan lamina chopped strand mat maka lamina serat woven roving ini memiliki ketahanan terhadap resapan air yang kurang baik. Untuk memperbaiki kondisi ini maka biasanya lamina serat woven roving dilapisi lagi dengan dua lamina serat chopped strand mat pada lapisan terluar yang memiliki kandungan resin poliester yang relatif lebih banyak. Dalam pemakaian sehari-hari dan yang umum digunakan untuk bangunan kapal yaitu terdiri dari :

a) Woven roving 400 gram / m² (WR 400) dengan data teknis sbb:

Berat spesifik (W / m^2) _r	:	400 gram / m ²
Kekuatan tarik (σ_{ur})	:	512 MPa
Modulus elastisitas (E_r)	:	38.5 GPa
Angka poisson (ν_r)	:	0.2



b) Woven roving 600 gram / m² (WR 600) dengan data teknis sbb:

Berat spesifik (W / m ²) _f	:	600 gram / m ²
Kekuatan tarik (σ _{uf})	:	512 MPa
Modulus elastisitas (E _f)	:	38.5 GPa
Angka poisson (ν _f)	:	0.2

c) Woven roving 800 gram / m² (WR 800) dengan data teknis sbb:

Berat spesifik (W / m ²) _f	:	800 gram / m ²
Kekuatan tarik (σ _{uf})	:	512 MPa
Modulus elastisitas (E _f)	:	38.5 GPa
Angka poisson (ν _f)	:	0.2

3. Jenis Triaxial merupakan serat penguat menerus (*continuous fiber reinforced*)

dengan konfigurasi serat penguat terdiri dari tiga layer yaitu arah layer pertama 45° terhadap prinsipal axis dan arah layer kedua 0° terhadap prinsipal axis serta arah layer ketiga - 45° terhadap prinsipal axis. Pada proses pembuatan lamina perbandingan berat antara serat triaxial dengan resin yang digunakan adalah sekitar 45 - 50 % serat triaxial dan 50 - 65 % resin polyester dari fraksi berat namun untuk bangunan kapal umumnya sering dipakai komposisi 50 % serat triaxial dan 50 % resin polyester dalam satu lamina. Lamina serat triaxial ini digunakan sebagai lamina utama yang memberikan kekuatan tarik dan kekuatan lengkung lebih tinggi dibandingkan lamina serat woven roving. dengan data teknis sbb:

Berat spesifik (W / m ²) _f	:	1200 g / m ²
--	---	-------------------------

Kekuatan tarik (σ_{ur})	:	820 MPa
Modulus elastisitas (E_f)	:	61.5 GPa
Angka poisson (ν_f)	:	0.2

2.2.3. Bahan Pendukung

Dalam proses pembuatan lamina ada beberapa material pendukung yang berpengaruh terhadap karakteristik laminate kulit FRP Sandwich. Kita perlu mengetahui fungsi, komposisi dan pengaruh dari masing masing bahan pendukung tersebut diantaranya ⁽⁷⁾ :

- Katalis (*Catalyst*) adalah bahan pendukung yang berfungsi untuk memulai proses awal perubahan bentuk resin dari bentuk cairan menjadi bentuk padat (*polymerization*) pada temperatur kamar (27^0 Celcius). Umumnya pemberian katalis ini adalah sekitar 0.5 - 4 % dari fraksi volume resin. Misalnya pemberian katalis 2 % maka resin akan mengalami proses perubahan resin dari cairan ke bentuk agar (gel) sekitar 15 menit pada suhu 27^0C . Katalis yang umum dipakai untuk poliester resin adalah *methyl ethyl ketone peroxide*.
- *Accelerator (promotor)* adalah bahan pendukung yang berfungsi supaya katalis dan polyester resin dapat berpolimerisasi pada tempaeratur kamar dengan waktu relatif lebih cepat, dalam hal ini proses polimerisasi terjadi tanpa adanya pemberian panas dari luar. Adapun promotor ini berbentuk cairan dengan warna biru keunguan, penambahan promotor ini paling tinggi 1 % dari fraksi volume resin poliester. Promotor yang sering digunakan adalah *cobalt*

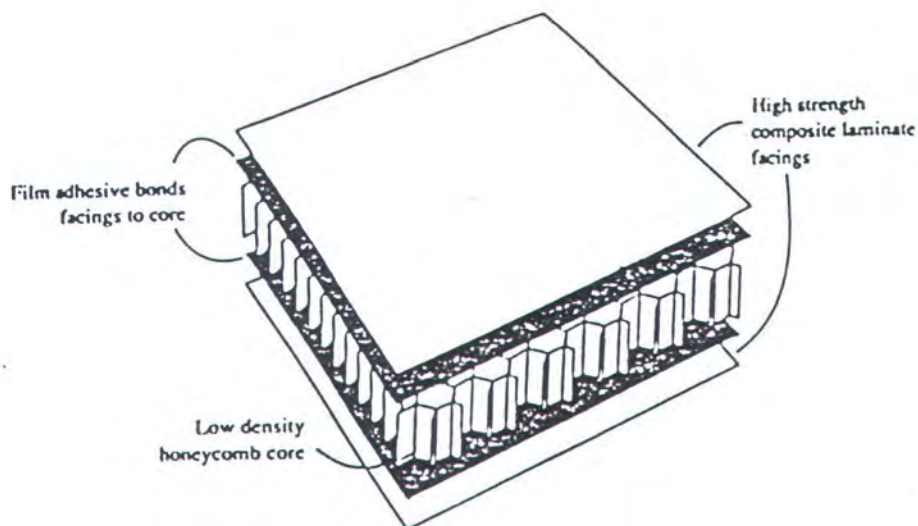
naphthenate. Untuk bangunan kapal promotor biasanya sudah langsung dicampur pada resin poliester (diproses oleh produsen resin) misalnya pada poliester resin SHCP 268 BQTN dan Yukalac 157 BQTN - EX.

- Sterin (*Styrene Monomer*) adalah merupakan bahan pendukung berupa cairan encer bening tidak berwarna yang berfungsi untuk mengencerkan. Adapun penambahan sterin ini adalah sekitar 35 - 40 % dari fraksi volume resin.
- Gel Coat termasuk salah satu jenis resin poliester dan fungsi utamanya yaitu sebagai lapisan pelindung laminate kulit FRP dari goresan atau gesekan benda keras pada permukaan laminate kulit, lapisan gel coat ini merupakan lapisan terluar dari laminate kulit maka sebaiknya resin gel coat mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap pengaruh cuaca / lingkungan luar. Pada lapisan luar gel coat ini diberi zat pewarna (pigment) dan pemberian campuran zat pewarna tidak boleh lebih dari 15 % dari resin gel coat dengan ketebalan maksimum 15 μ dan merupakan permukaan yang berhubungan langsung dengan cetakan (mold) saat proses pembuatan laminate ⁽²⁾.
- Lapisan pelepas (*Mold Release*) merupakan lapisan yang berfungsi untuk mencegah laminate Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) lengket dengan cetakan. Mold release yang umum dipergunakan yaitu mold release wax (misalnya mirror glaze).

2.2.4. Lapisan Inti

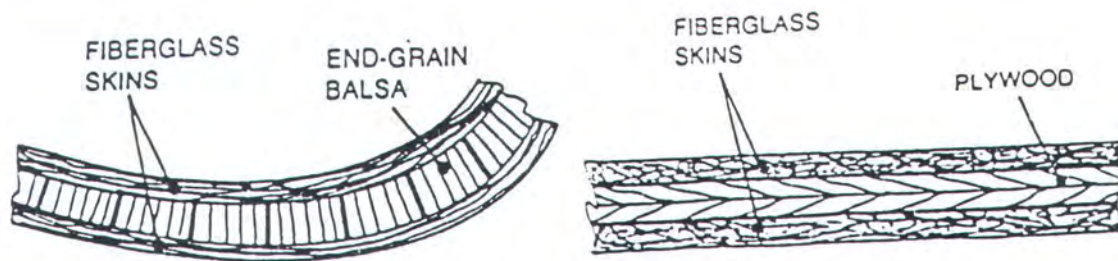
Lapisan inti adalah lapisan pengisi yang merupakan bagian dari struktur Panel FRP Sandwich . Ada beberapa lapisan inti yang sering digunakan diantaranya ⁽⁷⁾ :

- *Honeycomb Cell Paper* merupakan lapisan pengisi diantara dua laminate kulit fibreglass dan diantara laminate kulit tersebut dibatasi oleh lapisan tipis adhesive film (gambar 2.a). Honeycomb Cell Paper ini umumnya terbuat dari aluminium sehingga sangat ringan, namun ketahanan terhadap pengaruh lingkungan korosif sangat rendah sehingga kerusakan akibat korosi sangat dominan.



gambar 2.a : Honeycomb Cell Paper

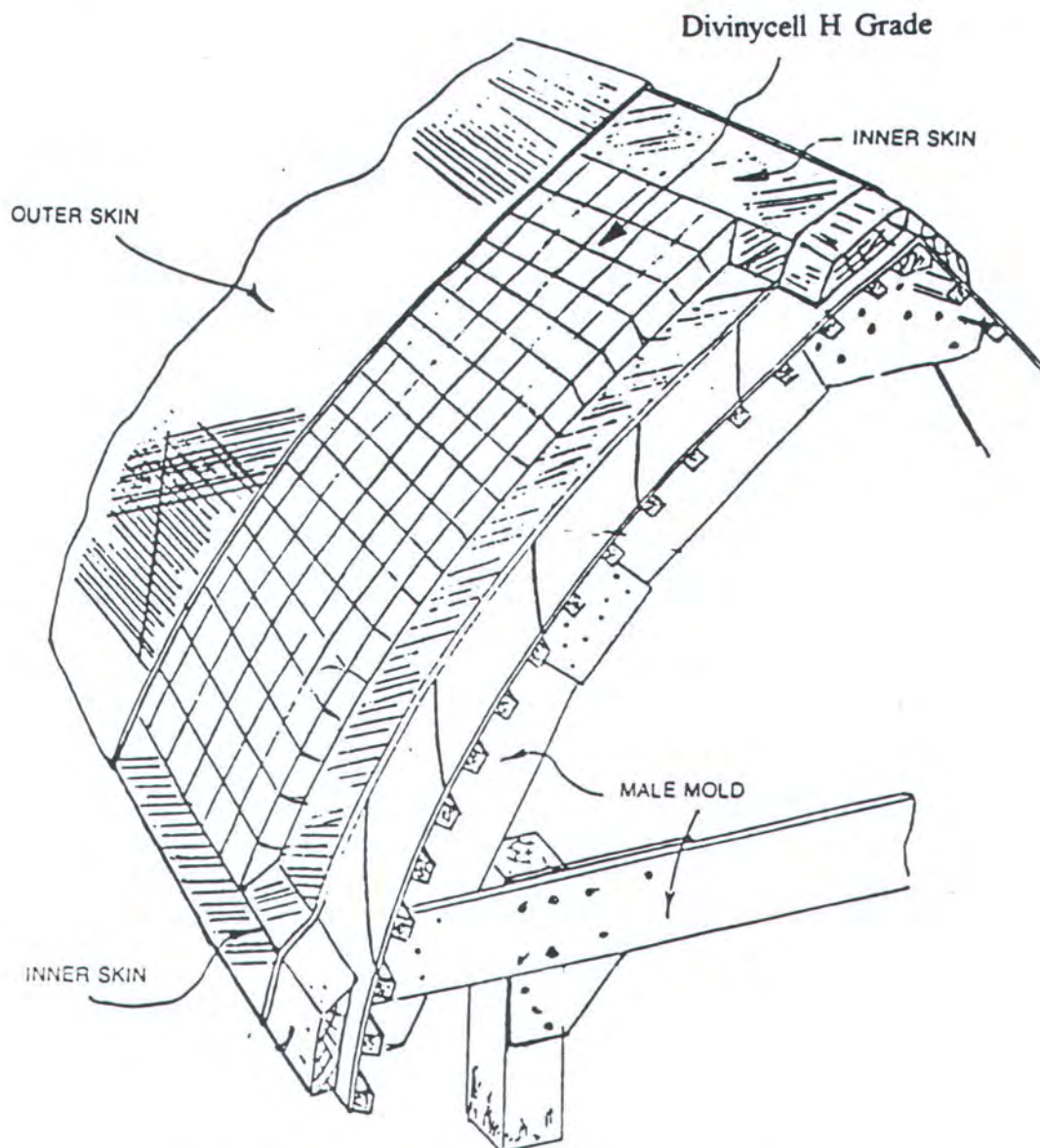
- Kayu balsa dan Plywood merupakan pengisi yang umumnya digunakan pada bagian deck dan bangunan atas dari kapal (gambar 2.b), kerusakan yang sering dialami yaitu proses pelapukan kayu.



gambar 2.b : kayu balsa dan plywood sebagai lapisan inti

- Foamed Plastic (Hard Plastic Foams). Foamed Plastic yang sering dipakai adalah Polystyrene, Polyurethane dan Polyvinyl Chloride (PVC), material tersebut berbentuk foam (gabus) dengan berbagai variasi masa jenis. Polystyrene memiliki kemampuan menahan resapan air yang kurang baik, mudah lapuk (*decay*) dan ketahanan tumbuk sangat rendah serta rentan terhadap pengaruh temperatur rendah dalam hal ini tidak bisa digunakan pada temperatur kurang dari -4°C . Harga dari Polystyrene ini paling murah. Polyurethane memiliki kemampuan menahan resapan air, ketahanan terhadap proses pelapukan dan ketahanan tumbuk lebih baik dibandingkan polystyrene. Polyvinyl Chloride (PVC) merupakan foamed plastic yang memiliki keunggulan yang paling baik yaitu tahan terhadap pengaruh lingkungan korosif, ringan serta kemampuan menahan resapan air yang sangat tinggi, sehingga sangat cocok untuk bangunan kapal. Salah satu contoh dari material ini yaitu Divinycell H Grade buatan Barracuda Technologies, USA dimana material ini bisa digunakan pada temperatur -200°C s/d 70°C , adapun data teknis lainnya terdapat pada lampiran (II.A.). Material Divinycell ini akan digunakan sebagai lapisan inti yang akan dianalisa untuk struktur laminate Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich sesuai dengan persyaratan klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Norwegia ⁽²⁾. Divinycell ini terdiri dari dua tipe yaitu

plate score dan *grade score*, dimana *plate score* ini berupa lembaran divinycell menerus seperti plat datar sedangkan *grade score* berupa lembaran divinycell dengan potongan celah yang saling tegak lurus, tujuan dari pemberian celah pada lembaran divinycell ini yaitu untuk memudahkan lembaran divinycell mengikuti bentuk badan kapal (gambar 2.c)



gambar 2.c : Divinycell H Grade GS sebagai lapisan inti

2.2.5 Bahan Pengisi Lapisan Inti

Bahan pengisi celah pada divynycell tipe grade score yang umum dipakai adalah divilette. Divilette yang dipakai untuk bangunan kapal yaitu Divilette 600 dengan data teknis sebagai berikut :

- Kekuatan tarik : 10 M Pa
- Modulus Elastisitas : 1000 M Pa
- Water absorption : 80 mg
- Elongation at break : 3 %
- Linear shrinkage : 1.2 %

Adapun data divilette 600 ini terdapat pada lampiran (II.B).

BAB III

PERSIAPAN, PROSEDUR DAN HASIL PENGUJIAN

Untuk mengetahui sifat mekanik laminate kulit FRP Sandwich maka diperlukan suatu perhitungan baik itu pendekatan rumus maupun melalui pengujian laboratorium. Dalam penelitian ini akan ditinjau mengenai kekuatan tarik, ketebalan dan berat dari material pembentuk laminate FRP Sandwich.. Dalam penelitian ini akan membandingkan kelayakan pemakaian serat Triaxial dibandingkan dengan serat Woven Roving pada laminate kulit FRP Sandwich untuk kapal cepat.

3.1 Perhitungan Perencanaan Ketebalan dan Kekuatan Tarik Lamina

Perhitungan ketebalan dari laminate kulit Fibreglass Reinforcement Plastic (FRP) Sandwich dapat dilakukan melalui perhitungan rumus. Adapun perhitungan kekuatan tarik dengan rumus pendekatan biasanya digunakan sebagai langkah pendekatan awal untuk merencanakan komposisi serat penguat dan matriks (resin).

3.1.1. Perhitungan Ketebalan Lamina

Hal penting yang harus dipertimbangkan dalam menyusun laminate kulit adalah perencanaan ketebalan lamina dan jumlah lamina pada laminate kulit FRP Sandwich. Ketebalan lamina ini dapat diperoleh dari ketebalan masing masing material pembentuknya. Dengan mengetahui berat spesifik dan komposisi dari

material pembentuknya maka ketebalan lamina kulit FRP Sandwich dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan dibawah ini ⁽⁸⁾ :

$$T_c = T_f + T_m \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$T_f = N * (W / m^2)_f * TC_f$$

$$T_m = R / G * N * (W / m^2)_f * TC_m$$

dimana :

T_c	:	Ketebalan lamina
T_f	:	Ketebalan serat penguat
T_m	:	Ketebalan matriks / resin
N	:	Jumlah layer
$(W / m^2)_f$:	Berat serat per luasan
TC	:	Konstanta ketebalan ($1 / \rho$)
R / G	:	Perbandingan berat resin dengan berat serat
ρ_f	:	Masa jenis serat penguat
ρ_m	:	Masa jenis resin

Dari rumus perhitungan ketebalan lamina maka kita bisa menghitung ketebalan lamina yang akan kita buat sesuai dengan komposisi serat penguat dan komposisi resin yang digunakan.

3.1.2. Perhitungan Fraksi Volume Lamina

Umumnya perhitungan komposisi serat penguat dan resin pada lamina didasarkan atas perhitungan fraksi volume. Tetapi pada kalangan industri dan

galangan seringkali perhitungan didasarkan pada fraksi berat. Untuk itu perlu dipahami adanya perbedaan antara fraksi volume dan fraksi berat sehingga memudahkan kita untuk melakukan perhitungan selanjutnya ⁽⁸⁾ :

Fraksi berat adalah :

$$M_f = \frac{\text{massa.serat}}{\text{massa.total}} ; \quad M_m = \frac{\text{massa.matriks./re sin}}{\text{massa.total}}$$

Fraksi volume adalah :

$$V_f = \frac{\text{volume,serat}}{\text{volume.total}} ; \quad V_m = \frac{\text{volume.matriks./re sin}}{\text{volume.total}}$$

3.1.3. Perhitungan kekuatan tarik lamina kulit

Kekuatan tarik dari lamina kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich sangat ditentukan oleh komposisi serat penguatnya. Kekuatan tarik dari lamina Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) adalah resultan total gaya yang bekerja pada lamina yaitu penjumlahan gaya yang bekerja pada resin dan fiber. Maka didapat hubungan kekuatan tarik lamina FRP sebagai berikut ⁽⁹⁾ :

$$\sigma_c = \sigma_f * V_f + \sigma_m * V_m \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan mengasumsikan bahwa matriks (resin) adalah isotropik sedangkan serat penguat (fibreglass reinforcement) adalah orthotropik dan lamina kulit FRP Sandwich mengikuti hukum Hooke's (*one dimensional Hooke's Law*) maka didapat persamaan ⁽⁹⁾ :

$$\sigma_f = E_f * \epsilon_f \quad \text{dan} \quad \sigma_m = E_m * \epsilon_m$$

sehingga diperoleh persamaan berikut :

$$\sigma_c = E_f * V_f * \epsilon_f + E_m * V_m * \epsilon_m \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

dimana :

E_f : Modulus elastisitas fibreglass

ϵ_f : Regangan fibreglass

V_f : Fraksi volume fibreglass

E_m : Modulus elastisitas matriks (resin)

ϵ_m : Regangan matriks (resin)

V_m : Fraksi volume matriks (resin)

Adapun komposisi serat chopped strand mat yang bisa dipakai untuk lambung kapal cepat menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4 Section 3 B.100 adalah : chopped strand mat (matto) 450 g / m^2 dan sebagai alternatif lain yaitu chopped strand mat 300 g / m^2 jika memungkinkan untuk dipakai. Dengan mempertimbangkan komposisi serat penguat yang akan dipakai dalam hal ini termasuk serat penguat menerus maka dapat mulai kita lakukan penentuan komposisi serat penguat dan perhitungan kekuatan tarik laminate kulit FRP Sandwich

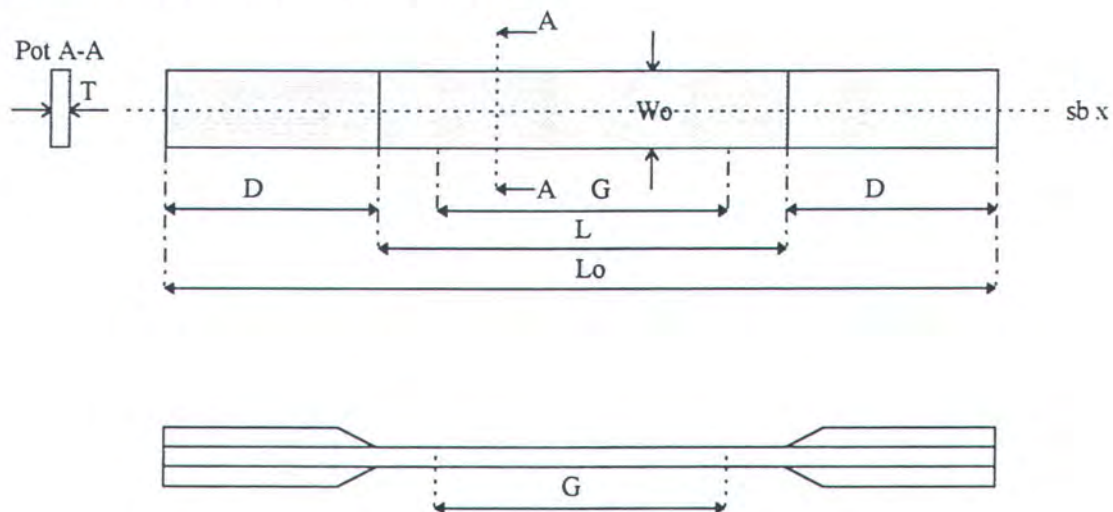
3.2. Perencanaan Spesimen Pengujian

Sebagai acuan standar pengujian spesimen yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah , "Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials " , D 3039 M - 93, *ASTM standards and Literature References for Composite Materials*, American Society For Testing and Materials, Philadelphia, PA 1994 ⁽¹⁰⁾ . Dalam melakukan penelitian mengenai kekuatan tarik

dari laminate kulit FRP Sandwich kita harus mengetahui dahulu dimensi spesimen yang akan kita uji dan arah serat penguat menerus yaitu 0^0 terhadap sumbu utama (sb x) Hal ini perlu kita lakukan supaya memudahkan dalam merencanakan besarnya beban yang akan diterima sehingga sesuai dengan skala pembacaan mesin uji yang dipakai.

3.2.1. Perencanaan dimensi spesimen pengujian

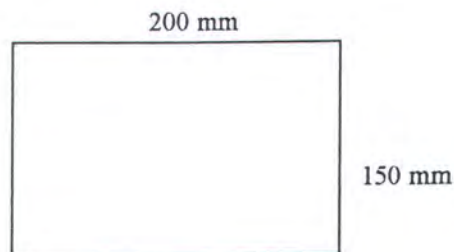
Berdasarkan standar pengujian ASTM D 3039 M - 93, dimensi untuk spesimen pengujian adalah sebagai berikut :



dimana :	Wo	:	Lebar spesimen uji	=	15 mm
	Lo	:	Panjang total spesimen	=	150 mm
	D	:	Panjang yang dijepit	=	30 mm
	L	:	Panjang bagian antara	=	90 mm
	G	:	Panjang daerah uji	=	60 mm
	T	:	Tebal spesimen	=	2 mm - 10 mm

Adapun jumlah tiap spesimen pengujian minimal adalah 5 buah maka dari jumlah dan dimensi spesimen yang dibuat, bisa kita perkirakan kebutuhan material yang akan kita uji yaitu :

- Ukuran material serat penguat yang diperlukan untuk 10 buah spesimen adalah 200 mm x 150 mm maka luasan material serat penguat 30000 mm^2



3.2.2. Perhitungan berat material pembentuk lamina spesimen

Berat material pembentuk lamina spesimen bisa kita tentukan berdasarkan komposisi serat penguat dan komposisi resin yang kita pakai pada setiap lamina spesimen. Adapun perhitungan berat material pembentuk setiap lamina adalah sebagai berikut :

- Menghitung berat tiap lembar serat penguat yang dibutuhkan yaitu dihitung dari komposisi berat serat penguat dalam tiap meter persegi maka untuk setiap lembar serat penguat yang telah dipotong pada setiap spesimen didapat hasil sebagai berikut :

Chopped strand mat (mat 300) $300 \text{ gram} / \text{m}^2$

maka untuk $200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2 = 0.03 \text{ m}^2$

yaitu $0.03 \times 300 = 9 \text{ gram}$

Chopped strand mat (mat 450) $450 \text{ gram} / \text{m}^2$

maka untuk $200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2 = 0.03 \text{ m}^2$

yaitu $0.03 \times 450 = 13.5 \text{ gram}$

Woven roving (WR 400) $400 \text{ gram} / \text{m}^2$

maka untuk $200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2 = 0.03 \text{ m}^2$

yaitu $0.03 \times 400 = 12 \text{ gram}$

Woven roving (WR 800) $800 \text{ gram} / \text{m}^2$

maka untuk $200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2 = 0.03 \text{ m}^2$

yaitu $0.03 \times 800 = 24 \text{ gram}$

Triaxial (ETM 1200) $1200 \text{ gram} / \text{m}^2$

maka untuk $200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2 = 0.03 \text{ m}^2$

yaitu $0.03 \times 1200 = 36 \text{ gram}$

- Penentuan berat polyester resin yang digunakan pada setiap tipe serat penguat yaitu

Chopped strand mat (mat 300) $300 \text{ gram} / \text{m}^2$ sebanyak = 9 gram

berdasarkan perbandingan antara berat serat penguat dengan berat polyester resin yang dipakai yaitu 25 % berat serat penguat dan 75 % berat polyester resin maka akan diperoleh berat polyester resin sebanyak :

$$\left[\frac{75\%}{25\%} \right] \times 9 = 27 \text{ gram}$$

Chopped strand mat (mat 300) $300 \text{ gram} / \text{m}^2$ sebanyak = 9 gram

berdasarkan perbandingan antara berat serat penguat dengan berat

polyester resin yang dipakai yaitu 33 % berat serat penguat dan 67 % berat

polyester resin maka akan diperoleh berat polyester resin sebanyak :

$$\left[\frac{67\%}{33\%} \right] \times 9 = 18.27 \text{ gram}$$

Chopped strand mat (mat 450) 450 gram / m² sebanyak = 13.5 gram

berdasarkan perbandingan antara berat serat penguat dengan berat

polyester resin yang dipakai yaitu 25 % berat serat penguat dan 75 % berat

polyester resin maka akan diperoleh berat polyester resin sebanyak :

$$\left[\frac{75\%}{25\%} \right] \times 13.5 = 40.5 \text{ gram}$$

Chopped strand mat (mat 450) 450 gram / m² sebanyak = 13.5 gram

berdasarkan perbandingan antara berat serat penguat dengan berat

polyester resin yang dipakai yaitu 33 % berat serat penguat dan 67 % berat

polyester resin maka akan diperoleh berat polyester resin sebanyak :

$$\left[\frac{67\%}{33\%} \right] \times 13.5 = 27.41 \text{ gram}$$

Woven roving (WR 400) 400 gram / m² sebanyak = 12 gram berdasarkan

perbandingan antara berat serat penguat dengan berat polyester resin yang

dipakai yaitu 50 % berat serat penguat dan 50 % berat polyester resin maka

akan diperoleh berat polyester resin sebanyak :

$$\left[\frac{50\%}{50\%} \right] \times 12 = 12 \text{ gram}$$

Woven roving (WR 800) 800 gram / m² sebanyak = 24 gram berdasarkan perbandingan antara berat serat penguat dengan berat polyester resin yang dipakai yaitu 50 % berat serat penguat dan 50 % berat polyester resin maka akan diperoleh berat polyester resin sebanyak :

$$\left[\frac{50\%}{50\%} \right] \times 24 = 24 \text{ gram}$$

Triaxial (ETM 1200) 1200 gram / m² sebanyak = 36 gram berdasarkan perbandingan antara berat serat penguat dengan berat polyester resin yang dipakai yaitu 50 % berat serat penguat dan 50 % berat polyester resin maka akan diperoleh berat polyester resin sebanyak :

$$\left[\frac{50\%}{50\%} \right] \times 36 = 36 \text{ gram}$$

3.2.3. Perhitungan ketebalan lamina spesimen pengujian

Ketebalan lamina tiap spesimen bisa kita tentukan dengan menggunakan persamaan (3.1) diatas serta komposisi serat penguat dan komposisi resin yang kita pakai pada setiap lamina spesimen. Adapun perhitungan ketebalan lamina tiap spesimen adalah sebagai berikut :

- Ketebalan lamina chopped strand mat 300 (mat 300) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 25 % : 75 %

$$T_f = 1 * (0.3) * \left(\frac{1}{2.55} \right) = 0.12 \text{ mm}$$

$$T_m = 1 * \left(\frac{27}{9} * \frac{1}{1.23} \right) * 0.3 = 0.73 \text{ mm}$$

$$T_c = 0.12 + 0.73 \Leftrightarrow T_c = 0.85 \text{ mm}$$

- Ketebalan lamina chopped strand mat 300 (mat 300) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin $\Leftrightarrow 33 \% : 67 \%$

$$T_f = 1 * (0.3) * \left(\frac{1}{2.55} \right) = 0.12 \text{ mm}$$

$$T_m = 1 * \left(\frac{18.27}{9} * \frac{1}{1.23} \right) * 0.3 = 0.50 \text{ mm}$$

$$T_c = 0.12 + 0.50 \Leftrightarrow T_c = 0.62 \text{ mm}$$

- Ketebalan lamina chopped strand mat 450 (mat 450) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin $\Leftrightarrow 25 \% : 75 \%$

$$T_f = 1 * (0.45) * \left(\frac{1}{2.55} \right) = 0.18 \text{ mm}$$

$$T_m = 1 * \left(\frac{40.5}{13.5} * \frac{1}{1.23} \right) * 0.45 = 1.1 \text{ mm}$$

$$T_c = 0.18 + 1.1 \Leftrightarrow T_c = 1.28 \text{ mm}$$

- Ketebalan lamina chopped strand mat 450 (mat 450) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin $\Leftrightarrow 33 \% : 67 \%$

$$T_f = 1 * (0.45) * \left(\frac{1}{2.55} \right) = 0.18 \text{ mm}$$

$$T_m = 1 * \left(\frac{27.41}{13.5} * \frac{1}{1.23} \right) * 0.45 = 0.74 \text{ mm}$$

$$T_c = 0.18 + 0.74 \Leftrightarrow T_c = 0.92 \text{ mm}$$

- Ketebalan lamina woven roving 400 (WR 400) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 50 % : 50 %

$$T_f = 1 * (0.4) * \left(\frac{1}{2.55} \right) = 0.16 \text{ mm}$$

$$T_m = 1 * \left(\frac{12}{12} * \frac{1}{1.23} \right) * 0.4 = 0.33 \text{ mm}$$

$$T_c = 0.16 + 0.33 \quad \Leftrightarrow \quad T_c = 0.49 \text{ mm}$$

- Ketebalan lamina woven roving 800 (WR 800) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 50 % : 50 %

$$T_f = 1 * (0.8) * \left(\frac{1}{2.55} \right) = 0.31 \text{ mm}$$

$$T_m = 1 * \left(\frac{24}{24} * \frac{1}{1.23} \right) * 0.8 = 0.65 \text{ mm}$$

$$T_c = 0.31 + 0.65 \quad \Leftrightarrow \quad T_c = 0.96 \text{ mm}$$

- Ketebalan lamina triaxial (ETM 1200) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 50 % : 50 %

$$T_f = 1 * (1.2) * \left(\frac{1}{2.55} \right) = 0.47 \text{ mm}$$

$$T_m = 1 * \left(\frac{36}{36} * \frac{1}{1.23} \right) * 1.2 = 0.98 \text{ mm}$$

$$T_c = 0.47 + 0.98 \quad \Leftrightarrow \quad T_c = 1.45 \text{ mm}$$

Dari perhitungan ketebalan lamina diatas maka didapat :

tebal lamina chopped strand mat 300 (mat 300) $T_c = 0.85 \text{ mm}$ (25% : 75%)

tebal lamina chopped strand mat 300 (mat 300) $T_c = 0.62 \text{ mm}$ (33% : 67%)

tebal lamina chopped strand mat 450 (mat 450)	$T_c = 1.28 \text{ mm (25\% : 75\%)}$
tebal lamina chopped strand mat 450 (mat 450)	$T_c = 0.92 \text{ mm (33\% : 67\%)}$
tebal lamina woven roving 400 (WR 400)	$T_c = 0.49 \text{ mm (50\% : 50\%)}$
tebal lamina woven roving 800 (WR 800)	$T_c = 0.96 \text{ mm (50\% : 50\%)}$
tebal lamina triaxial 1200 (ETM 1200)	$T_c = 1.45 \text{ mm (50\% : 50\%)}$

3.2.4. Menghitung fraksi volume serat penguat dan resin.

Fraksi volume serat penguat dan resin yang dipakai untuk spesimen bisa kita tentukan dari perhitungan pada (bab 3.1.2) diatas serta komposisi serat penguat dan komposisi resin yang kita pakai pada setiap lamina spesimen. Adapun perhitungan fraksi volume serat penguat dan resin pada tiap lamina adalah sebagai berikut :

- Menghitung fraksi volume serat penguat dan fraksi volume resin yang dibutuhkan yaitu dihitung dari perbandingan volume serat penguat resin atau serat penguat dengan volume lamina. Volume serat penguat dan volume resin yang dibutuhkan pada setiap spesimen didapat hasil perkalian luasan material spesimen dengan ketebalan material spesimen yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut :
- Chopped strand mat (mat 300) 300 gram / m² dengan perbandingan antara berat serat dengan resin $\Leftrightarrow 25\% : 75\%$

$$\text{maka untuk } 200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\text{jadi volume serat mat 300 } \Leftrightarrow 30000 \times 0.12 = 3600 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume resin} \Leftrightarrow 30000 * 0.73 = 21900 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume lamina} = 25500 \text{ mm}^3$$

$$\text{Fraksi volume serat mat 300} \left(\frac{3600}{25500} \right) = 0.14$$

$$\text{Fraksi volume resin} \left(\frac{21900}{25500} \right) = 0.86$$

- Chopped strand mat (mat 300) 300 gram / m² dengan perbandingan antara berat serat dengan resin $\Leftrightarrow 33 \% : 67 \%$

$$\text{maka untuk } 200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\text{jadi volume serat mat 300} \Leftrightarrow 30000 * 0.12 = 3600 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume resin} \Leftrightarrow 30000 * 0.5 = 15000 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume lamina} = 18600 \text{ mm}^3$$

$$\text{Fraksi volume serat mat 300} \left(\frac{3600}{18600} \right) = 0.19$$

$$\text{Fraksi volume resin} \left(\frac{15000}{18600} \right) = 0.81$$

- Chopped strand mat (mat 450) 450 gram / m² dengan perbandingan antara berat serat dengan resin $\Leftrightarrow 25 \% : 75 \%$

$$\text{maka untuk } 200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\text{jadi volume serat mat 450} \Leftrightarrow 30000 * 0.18 = 5400 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume resin} \Leftrightarrow 30000 * 1.1 = 33000 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume lamina} = 38400 \text{ mm}^3$$

$$\text{Fraksi volume serat mat 450} \left(\frac{5400}{38400} \right) = 0.14$$

$$\text{Fraksi volume resin} \left(\frac{33000}{38400} \right) = 0.86$$

- Chopped strand mat (mat 450) 450 gram / m² dengan perbandingan antara berat serat dengan resin $\Leftrightarrow 33 \% : 67 \%$

$$\text{maka untuk } 200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\text{jadi volume serat mat 450} \Leftrightarrow 30000 * 0.18 = 5400 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume resin} \Leftrightarrow 30000 * 0.74 = 22200 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume lamina} = 27600 \text{ mm}^3$$

$$\text{Fraksi volume serat mat 450} \left(\frac{5400}{27600} \right) = 0.196$$

$$\text{Fraksi volume resin} \left(\frac{22200}{27600} \right) = 0.804$$

- Woven Roving (WR 400) 400 gram / m² dengan perbandingan antara berat serat dengan resin $\Leftrightarrow 50 \% : 50 \%$

$$\text{maka untuk } 200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\text{jadi volume serat WR 800} \Leftrightarrow 30000 * 0.16 = 4800 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume resin} \Leftrightarrow 3000 * 0.33 = 9900 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume lamina} = 14700 \text{ mm}^3$$

$$\text{Fraksi volume serat WR 400} \left(\frac{4800}{14700} \right) = 0.33$$

$$\text{Fraksi volume resin} \left(\frac{9900}{14700} \right) = 0.67$$

- Woven Roving (WR 800) 800 gram / m² dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 50 % : 50 %

$$\text{maka untuk } 200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\text{jadi volume serat WR 800} \Leftrightarrow 30000 \times 0.31 = 9300 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume resin} \Leftrightarrow 30000 \times 0.650 = 19500 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume lamina} = 28800 \text{ mm}^3$$

$$\text{Fraksi volume serat WR 800} \left(\frac{9300}{28800} \right) = 0.32$$

$$\text{Fraksi volume resin} \left(\frac{19500}{28800} \right) = 0.68$$

- Triaxial (ETM 1200) 1200 gram / m² dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 50 % : 50 %

$$\text{maka untuk } 200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\text{jadi volume ETM 1200} \Leftrightarrow 30000 \times 0.47 = 14100 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume resin} \Leftrightarrow 30000 \times 0.98 = 29400 \text{ mm}^3$$

$$\text{volume lamina} = 43500 \text{ mm}^3$$

$$\text{Fraksi volume serat ETM 1200} \left(\frac{14100}{43500} \right) = 0.32$$

$$\text{Fraksi volume resin} \left(\frac{29400}{43500} \right) = 0.68$$

3.2.5. Perkiraan Kekuatan Tarik Lamina Spesimen

Untuk mengetahui kekuatan tarik lamina tiap serat penguat yang dipakai maka bisa kita laksanakan dengan menggunakan persamaan (3.2) diatas serta

komposisi serat penguat dan komposisi resin yang kita pakai pada setiap lamina.

Adapun perhitungan kekuatan tarik setiap lamina adalah sebagai berikut :

- Kekuatan tarik lamina chopped strand mat 300 (mat 300) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 25 % : 75 %

$$\sigma_c = E_f * \epsilon_f * V_f + E_m * \epsilon_m * V_m$$

$$\sigma_c = 16 * 10^3 * 0.0133 * 0.14 + 3.2 * 10^3 * 0.020 * 0.86$$

$$\sigma_c = 84.832 \text{ M Pa}$$

- Kekuatan tarik lamina chopped strand mat 300 (mat 300) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 33 % : 67 %

$$\sigma_c = E_f * \epsilon_f * V_f + E_m * \epsilon_m * V_m$$

$$\sigma_c = 16 * 10^3 * 0.0133 * 0.19 + 3.2 * 10^3 * 0.020 * 0.81$$

$$\sigma_c = 92.272 \text{ M Pa}$$

- Kekuatan tarik lamina chopped strand mat 450 (mat 450) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 25 % : 75 %

$$\sigma_c = E_f * \epsilon_f * V_f + E_m * \epsilon_m * V_m$$

$$\sigma_c = 16 * 10^3 * 0.0133 * 0.14 + 3.2 * 10^3 * 0.020 * 0.86$$

$$\sigma_c = 84.832 \text{ M Pa}$$

- Kekuatan tarik lamina chopped strand mat 450 (mat 450) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 33 % : 67 %

$$\sigma_c = E_f * \epsilon_f * V_f + E_m * \epsilon_m * V_m$$

$$\sigma_c = 16 * 10^3 * 0.0133 * 0.196 + 3.2 * 10^3 * 0.020 * 0.804$$

$$\sigma_c = 93.165 \text{ M Pa}$$

- Kekuatan tarik lamina Woven Roving (WR 400) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 50 % : 50 %

$$\sigma_c = E_f * \varepsilon_f * V_f + E_m * \varepsilon_m * V_m$$

$$\sigma_c = 38.5 * 10^3 * 0.0133 * 0.33 + 3.2 * 10^3 * 0.020 * 0.67$$

$$\sigma_c = 211.857 \text{ M Pa}$$

- Kekuatan tarik lamina Woven Roving (WR 800) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 50 % : 50 %

$$\sigma_c = E_f * \varepsilon_f * V_f + E_m * \varepsilon_m * V_m$$

$$\sigma_c = 38.5 * 10^3 * 0.0133 * 0.33 + 3.2 * 10^3 * 0.020 * 0.67$$

$$\sigma_c = 211.857 \text{ M Pa}$$

- Kekuatan tarik lamina Triaxial 1200 (ETM 1200) dengan perbandingan antara berat serat dengan resin \Leftrightarrow 50 % : 50 %

$$\sigma_c = E_f * \varepsilon_f * V_f + E_m * \varepsilon_m * V_m$$

$$\sigma_c = 61.5 * 10^3 * 0.0133 * 0.32 + 3.2 * 10^3 * 0.020 * 0.68$$

$$\sigma_c = 305.264 \text{ M Pa}$$

3.3. Perencanaan Susunan Laminate Kulit FRP Sandwich.

Dalam menentukan susunan laminate kulit FRP Sandwich, peningkatan kekuatan dan penurunan berat merupakan hal terpenting yang harus kita perhatikan, untuk itu pemilihan material serat penguat dan komposisi resin yang digunakan akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan laminate kulit FRP Sandwich. Pertimbangan lain yang harus diperhatikan adalah karakteristik laminate

untuk menahan resapan air misalnya untuk lamina dengan serat penguat woven roving kurang baik dan permukaan yang tidak rata (berupa anyaman) sehingga jika ditempatkan sebagai laminate kulit luar minimal harus ditambah dua lamina chopped strand mat pada lapisan terluarnya ^(7) Adapun perencanaan susunan laminate kulit FRP Sandwich yang akan dipakai adalah sebagai berikut :

tabel 3.1 : perencanaan komposisi material pembentuk laminate kulit FRP Sandwich

	Fraksi Berat *				
Spesimen A	25 % mat 450 75 % resin	50 % WR 400 50 % resin	33 % mat 450 67 % resin	50 % WR 800 50 % resin	33 % mat 450 67 % resin
Spesimen B	25 % mat 300 75 % resin	33 % mat 450 67 % resin	50 % ETM 1200 50 % resin	33 % mat 450 67 % resin	
Spesimen C	33 % mat 450 67 % resin	33 % mat 450 67 % resin	50 % WR 800 50 % resin	33 % mat 450 67 % resin	
Spesimen D		33 % mat 450 67 % resin	50 % ETM 1200 50 % resin	33 % mat 450 67 % resin	
Spesimen E	25 % mat 300 75 % resin	33 % mat 450 67 % resin	50 % WR 800 50 % resin	33 % mat 450 67 % resin	
Spesimen F		33 % mat 450 67 % resin	50 % WR 800 50 % resin	33 % mat 450 67 % resin	
Spesimen G		33 % mat 450 67 % resin	50 % ETM 1200 50 % resin		

* keterangan : (perhitungan fraksi berat dan fraksi volume spesimen terdapat pada bab 3.2.4)

3.4. Proses Pembuatan Spesimen Uji

Proses pembuatan spesimen uji laminasi kulit FRP Sandwich dilakukan dengan cara manual yaitu cara hand lay up serta menggunakan material yang sering dipakai untuk bangunan kapal yaitu terdiri dari resin polyester orthophthalic merk Yukalac BQTN 157-EX dan serat penguat dengan jenis E-Glass terdiri dari Chopped Strand Mat (mat), Woven Roving (WR) dan Triaxial (ETM), katalis yang digunakan yaitu *methyl ethyl ketone peroxide*. Adapun dasar pertimbangan

dari pemilihan material dan cara pengerjaan hand lay up tersebut adalah karena material tersebut banyak dipakai untuk bangunan kapal serta proses pengerjaan hand lay up ini sesuai dengan kenyataan pembangunan kapal dilapangan sehingga diharapkan dari hasil pengujian ini dapat lebih mendekati kenyataan sebenarnya sehingga hasil pengujian ini dapat lebih bermanfaat.

3.4.1. Penyiapan bahan dan peralatan

Langkah langkah yang dilakukan dalam menyiapkan material spesimen yaitu :

- Pemotongan lembaran serat penguat yang terdiri dari:
 - Chopped strand mat (mat 300) 200 mm x 150 mm sebanyak 12 lembar
 - Chopped strand mat (mat 450) 200 mm x 150 mm sebanyak 12 lembar
 - Woven roving (WR 400) 200 mm x 150 mm sebanyak 1 lembar
 - Woven roving (WR 800) 200 mm x 150 mm sebanyak 4 lembar
 - Triaxial (ETM 1200) 200 mm x 150 mm sebanyak 4 lembar
- Menyiapkan mold release secukupnya
- Menyiapkan cetakan dari kaca 200 mm x 150 mm sebanyak 16 buah.
- Menyiapkan gelas ukur untuk mengukur volume resin dan katalis yang akan dipakai.
- Menyiapkan peralatan bantu (kuas, rol pemecah gelembung, Thermometer, gerinda potong, kikir, jangka sorong, penggaris)

3.4.2. Proses Pengerjaan Spesimen

Urutan pembuatan spesimen pengujian untuk setiap laminate kulit adalah sebagai berikut :

- Mencatat temperatur ruangan tempat kita melakukan pembuatan spesimen (pada pembuatan spesimen ini yaitu pada temperatur $28 - 29^{\circ}\text{C}$).
- Cetakan kaca dilapisi lapisan pelepas merata sebanyak 3 - 5 kali supaya laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic mudah dilepas dari cetakan.
- Mengukur volume resin pada gelas ukur sebanyak 150 ml, volume resin yang dibutuhkan untuk setiap lamina terdapat pada (lampiran V)
- Katalis dicampurkan pada resin sebanyak 1 % dari volume resin yaitu 1.5 ml ⁽⁷⁾ dan diaduk hingga merata.
- Menuangkan cairan resin yang telah diberi katalis keatas permukaan cetakan kaca sebanyak $\frac{2}{3}$ dari volume yang dibutuhkan untuk lamina serat Chopped Strand Mat (Mat 450) kemudian cairan resin tersebut diratakan dengan kuas diatas cetakan.
- Meletakkan satu lembar serat Chopped Strand Mat (Mat 450) keatas cairan resin yang telah merata diatas permukaan cetakan kaca.
- Menuangkan cairan resin yang telah diberi katalis keatas lamina serat Chopped Strand Mat (Mat 450) sebanyak $\frac{1}{3}$ dari volume yang dibutuhkan untuk lamina serat Chopped Strand Mat (Mat 450) kemudian cairan resin diratakan menggunakan kuas.

- Menuangkan cairan resin yang telah diberi katalis keatas lamina serat Chopped Strand Mat (Mat 450) sebanyak 1/3 dari fraksi volume yang dibutuhkan untuk lamina serat Woven Roving (WR 400) kemudian cairan resin diratakan menggunakan kuas untuk menghindari gelembung udara yang terperangkap didalam maka lamina harus dirol dengan rol pemecah gelembung udara.
- Langkah selanjutnya dalam menyusun setaip lamina adalah sama sesuai dengan komposisi serat yang dipakai.
- Setelah lamina terakhir dibuat lalu letakan kaca diatas permukaan lamina terakhir supaya kedua sisi permukaan laminate rata.

Langkah pembuatan spesimen uji untuk setiap laminate kulit disesuaikan dengan susunan dan komposisi dari setiap lamina yang kita rencanakan.

3.5. Prosedur dan Proses Pengujian Spesimen

Pengujian yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini yaitu uji tarik dengan berdasarkan pada , "Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials ", D 3039 M - 93, *ASTM standars and Literature References for Composite Materials*, American Society For Testing and Materials, Philadelophia, PA 1994 ⁽¹⁰⁾ .

Pengujian dilaksanakan di laboratorium Kekuatan dan Konstruksi FTK - ITS dengan data mesin uji sebagai berikut :

Nama alat : Universal Testing Machine

Merk / th : MFL / UPD. 20 - 1979

No. seri : 8877

Kapasitas max : 200 kN

Skala mesin uji yang dibaca untuk pengujian tarik yang dilaksanakan adalah pada skala pembacaan 0 - 40 kN, sedangkan pengujian tarik dilaksanakan pada temperatur 29 ° C.

Adapun prosedur pengujian yang harus dilakukan adalah :

- Catat dimensi spesimen pengujian dalam hal ini pengukuran lebar (w) dan tebal (h) pada setiap titik ukur sepanjang daerah pengujian, kemudian hitung luasan penampang melintang spesimen pada setiap titik pengukuran ($A = w * h$). Catat luasan penampang melintang dari spesimen, dalam satuan mm² atau in²
- Kecepatan pengujian, dalam hal ini pengaturan kecepatan pemberian beban mesin uji akan berpengaruh terhadap daerah pengukuran. Pengaturan kecepatan pembebanan harus dapat menyebabkan spesimen uji patah dalam waktu 1 sampai 10 menit.

Sedangkan proses pengujian yang dilakukan yaitu :

1. Mesin uji tarik dikalibrasi terlebih dahulu dan skala pembebanan ditentukan sebelum pengujian dilakukan.
2. Pegangan spesimen diletakan pada penjepit yang ada pada mesin uji dan kemudian dijepit.
3. Jarum penunjuk pada pencatat skala pembebanan diset pada posisi nol.
4. Pembebanan pada mesin uji digerakan.
5. Beban maksimum yang terjadi pada saat spesimen patah dicatat.

3.6. Perhitungan Hasil Pengujian Tarik

Tujuan dari perhitungan hasil pengujian tarik adalah untuk :

- a) Mengetahui kekuatan tarik laminate kulit FRP Sandwich yang kita buat.
- b) Mengetahui Modulus Elastisitas laminate kulit FRP Sandwich yang kita buat.

Dari hasil pengujian tarik yang dilaksanakan maka akan diperoleh besarnya nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh spesimen uji. Adapun proses perhitungan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut ⁽¹⁰⁾ :

$$\text{Kekuatan tarik} \quad : \quad \sigma = \frac{F}{A} \text{ (Mpa)}$$

$$\text{Modulus Elastisitas} \quad : \quad E = \frac{F}{\Delta L} * \frac{L}{A}$$

dimana : F : Beban maksimum sampai spesimen uji patah (N)

A : Luasan pemanpang melintang dari spesimen uji (mm ²)

A : Lebar x tebal spesimen uji (mm)

L : Panjang spesimen uji yang diukur (gauge length) (mm)

ΔL : Perubahan panjang (mm)

σ : Kekuatan tarik spesimen uji. (MPa)

E : Modulus Elastisitas (M Pa)

Dari pengujian tarik yang dilaksanakan dengan jumlah spesimen uji sebanyak 49 buah spesimen didapat hasil pada lampiran III.A dan III.B.

3.6.1. Kekuatan Tarik Laminate Kulit FRP Sandwich

Dari pengujian tarik yang dilakukan di laboratorium konstruksi dan kekuatan FTK - ITS maka didapat nilai beban maksimum yang mampu ditahan spesimen uji sehingga kita bisa menghitung kekuatan tarik dari spesimen uji terdapat pada lampiran (III.A).

adapun sebagian perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Spesimen A : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	F (N)	σ (M Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	4.6	69	7950	115.22	Konfigurasi serat : Woven Roving
2	15	4.6	69	8150	118.12	
3	15	4.6	69	8000	115.94	
4	15	4.6	69	8200	118.84	
5	15	4.6	69	8350	121.01	
				F rata rata = 8130 N		σ rata rata=117.826 MPa

Spesimen B : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	F (N)	σ (M Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	3.6	54	9200	170.37	Konfigurasi serat : Triaxial
2	15	3.6	54	9350	173.15	
3	15	3.6	54	9200	170.37	
4	15	3.6	54	9100	168.52	
5	15	3.6	54	9200	170.37	
				F _{rata rata} = 9210 N		σ _{rata rata} = 170.556

3.6.2 Modulus Elastisitas Laminate Kulit FRP Sandwich

Dari pengujian tarik yang dilakukan di laboratorium konstruksi dan kekuatan FTK - ITS maka didapat nilai beban maksimum yang mampu ditahan spesimen uji dan perubahan panjang yang terjadi pada spesimen uji sehingga kita bisa menghitung modulus elastisitasnya ^(10). Adapun hasil perhitungan modulus

elastisitas ini terdapat pada lampiran (III.B), sebagian dari hasil perhitungan modulus elastisitas adalah sebagai berikut :

Spesimen F : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	F (N)	E (G Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	2.85	4.5	6900	2.1510	Konfigurasi serat : Woven Roving Panjang daerah uji 60 mm
2	15	2.85	4.5	6800	2.1208	
3	15	2.85	4.5	6750	2.1053	
4	15	2.85	4.5	6800	2.1208	
5	15	2.85	4.5	6950	2.1676	
				$F_{rata\ rata} = 6840\text{ N}$	$E_{rata\ rata} = 2.1333\text{ G Pa}$	

Spesimen G : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	F (N)	E (G Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	2.15	5	8000	2.977	Konfigurasi serat : Triaxial Panjang daerah uji 60 mm
2	15	2.15	5	7950	2.958	
3	15	2.15	5	8100	3.014	
4	15	2.15	5	8000	2.977	
5	15	2.15	5	8100	3.014	
				F rata rata = 8030 N		E rata rata = 2.988 G Pa

3.7. Perhitungan Angka Poisson Laminate Kulit FRP Sandwich.

Untuk mendapatkan nilai angka poisson (ν) tidak bisa diperoleh dari hasil pengujian laboratorium karena keterbatasan peralatan mesin uji, namun secara teoritis bisa dilakukan dengan menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut ⁽⁹⁾

$$\nu = V_m * \nu_m + V_f * \nu_f \dots\dots\dots (3.4)$$

dimana :

V_m : Fraksi volume dari resin

V_f : Fraksi volume dari serat penguat

ν_m : Angka poisson dari resin

v_f : Angka poisson dari serat penguat

Berdasarkan perencanaan susunan laminate kulit FRP Sandwich yang telah kita buat maka perhitungan angka poisson laminate kulit FRP Sandwich dapat kita analisa Hasil perhitungan angka poisson terdapat pada lampiran (III.C) adapun sebagian dari hasil perhitungan angka poisson untuk spesimen yang dibuat adalah sebagai berikut :

Spesimen C : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Fraksi Volume		Nilai angka Poisson dari rumus $v = V_m * v_m + V_f * v_f$
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	$v_m = 0.36$
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	$v_f = 0.20$
WR 800	50 %	50 %	0.32	0.68	$v = 0.3237$
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	
Fraksi volume rata rata			0.227	0.773	$v_{\text{laminate}} = 0.3237$

Spesimen D : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Fraksi Volume		Nilai angka Poisson dari rumus $v = V_m * v_m + V_f * v_f$
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	
Mat 300	33 %	67 %	0.19	0.81	$v_m = 0.36$
ETM 1200	50 %	50 %	0.32	0.68	$v_f = 0.20$
Mat 300	33 %	67 %	0.19	0.81	$v = 0.3227$
Fraksi volume rata rata			0.233	0.767	$v_{\text{laminate}} = 0.3227$

3.8. Perhitungan Ketebalan Laminate Kulit Spesimen Uji.

Berdasarkan perencanaan susunan laminate kulit FRP Sandwich yang telah kita buat maka ketebalan laminate kulit FRP Sandwich dapat kita hitung. Proses perhitungan ketebalan laminate kulit untuk setiap spesimen uji terdapat pada lampiran (III.D), adapun sebagian hasil perhitungan ketebalan laminate kulit yang dibuat adalah sebagai berikut :

Spesimen C : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Perhitungan rumus tebal material (mm)			Perhitungan faktual tebal laminate (mm) dari spesimen
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	lamina	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
WR 800	50 %	50 %	0.31	0.65	0.96	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
Total tebal laminate kulit			3.72			3.85

Spesimen D : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Perhitungan rumus tebal material (mm)			Perhitungan faktual tebal laminate (mm) dari spesimen
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	lamina	
Mat 300	33 %	67 %	0.12	0.5	0.62	
ETM 1200	50 %	50 %	0.47	0.98	1.45	
Mat 300	33 %	67 %	0.12	0.5	0.62	
Total tebal laminate kulit			2.69			2.6

Dengan mengetahui Kekuatan Tarik, Modulus Elastisitas dan ketebalan laminate kulit serta angka poisson dari laminate kulit maka kita bisa merencanakan kekuatan struktur Panel FRP Sandwich untuk lambung kapal cepat.

BAB IV

PERHITUNGAN KULIT LAMBUNG KAPAL CEPAT MENURUT PERATURAN DET NORSKE VERITAS

Setelah kita menghitung kekuatan tarik, modulus elastisitas, ketebalan laminate kulit dan angka poisson (pada bab III), langkah selanjutnya menghitung kekuatan struktur panel FRP Sandwich untuk lambung kapal cepat yang kita tinjau

4.1. Perhitungan Pembebanan Pada Lambung Kapal Cepat.

Sebelum menghitung laminate kulit Panel FRP Sandwich pada lambung kapal cepat maka hal pertama yang harus kita lakukan yaitu mengidentifikasi kapal cepat yang akan kita tinjau dan menghitung pembebanan yang terjadi pada lambung kapal cepat. Klasifikasi yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu Det Norske Veritas⁽²⁾, Norwegia. Adapun kapal cepat yang akan ditinjau kapal patrol boat KPLP dengan data ukuran utama yaitu :

- Length Over All = 12 m ; Waterline Length (L) = 10.8 m
- Breadth = 3.5 m ; Waterline beam (Bwl) = 3.0 m
- Height = 1.55 m ; Draft = 0.6 m
- Top Speed = 35.0 knots ; Displacement = 8.0 ton
- Jarak jelajah 150 miles
- Deadrise angle di LCG = 12° ; Deadrise angle di Midship = 12°
- Running trim angle = $5,0^{\circ}$

Adapun salah satu batasan yang diberikan untuk patrol boat oleh klasifikasi

Det Norske Veritas (DNV) Norwegia yaitu :

$$\text{Part 5, Section 1 A.202} \quad \Delta \leq (0.16 * L * B)^{1.5}$$

$$8.0 \leq (0.16 * 10.8 * 3.5)^{1.5}$$

$$8.0 \leq 14.873$$

$$\text{Part 3, Section 1 A.102} \quad \frac{V}{\sqrt{L}} > 4.2$$

$$\frac{35}{\sqrt{10.8}} = 10.65 > 4.2$$

dimana : Δ (dalam satuan Ton)

L , B (dalam satuan meter)

Dari batasan klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) maka kapal yang kita tinjau yaitu termasuk kapal Patrol Boat.

Pada waktu kapal cepat beroperasi salah satu gerakan yang berpengaruh terhadap gaya tekan pada daerah lambung yaitu percepatan vertikal

1. Percepatan vertikal gerakan kapal, menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 1, Section 2, B.201 (*Design vertical acceleration*)

maka persyaratan percepatan vertikal tidak boleh kurang dari⁽²⁾ :

$$a_{cg} = \frac{V}{\sqrt{L}} \frac{3.2}{L^{0.76}} f_g * g_o \quad (m/s^2) \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

dimana : V , kecepatan kapal (knot)

L , panjang kapal dari AP ke FP (m)

B_{WL} , lebar kapal pada garis air penuh

f_g , faktor percepatan (*acceleration factor*)

besarnya nilai f_g , tergantung dari tipe kapal dan jangkauan daerah pengoperasiannya serta notasi pengoperasian dari kapal yang ditinjau dalam hal ini kapal yang ditinjau adalah termasuk kapal patroli dengan jangkauan terjauh daerah pengoperasian 150 miles dari tempat kapal berlabuh dan dari Det Norske Veritas (DNV) Part 1 chapter 1 B.401 notasi untuk daerah pengoperasian tersebut yaitu R3 sehingga pada tabel Part 3, Chapter 1, Section 2, B.201 diperoleh $f_g = 1$

g_o , percepatan gravitasi bumi = 9.81 m/s^2

$\frac{V}{\sqrt{L}}$ yang diambil tidak lebih dari 3

$$\frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{35}{\sqrt{10.8}} = 10.65 > 3 \text{ maka ambil } = 3$$

$$a_{cg} \text{ minimal} = 1 * g_o = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$a_{cg} = 3 \frac{3.2}{10.8^{0.76}} 1 * 9.81 = 15.44 \text{ m/s}^2$$

Pada proses perhitungan selanjutnya diambil $a_{cg} = 15.44 \text{ m/s}^2$

2. Tekanan karena hempasan pada lambung menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 1, Section 2 C.201 maka persyaratan tekanan karena hempasan pada lambung adalah :

$$p_{sl} = 1.3 * k_1 * \left(\frac{\Delta}{A} \right)^{0.3} * T_o^{0.7} * \frac{50 - \beta_x}{50 - \beta_{cg}} * a_{cg} \quad (\text{kN/m}^2) \dots\dots (4.2)$$

dimana : p_{sl} , Tekanan karena hempasan pada lambung bawah

k_l , Longitudinal distribution faktor = 1 diperoleh dari Det Norske

Veritas (DNV) grafik gambar 3 pada Part 3, chapter 1,
Section 2

Δ , Displacement kapal (ton)

g_0 , percepatan gravitasi bumi (9.81 m / s^2)

a_{cg} , percepatan vertikal gerakan kapal (9.81 m / s^2)

T , Sarat pada saat displacemen penuh (m)

β_x , Deadrise angle di station yang ditinjau yaitu di midship

β_{cg} , Deadrise angle pada garis titik berat memanjang (LCG)

A , luasan area beban dari elemen yang ditinjau.

$$A = 2.5 * s^2 \quad (\text{m}^2)$$

s , jarak gading = 1.0 m (dari data kapal yang akan ditinjau)

Pada umumnya A tidak boleh kurang dari $\frac{L * B_{WL}}{1000} \quad (\text{m}^2)$

$$\frac{L * B_{WL}}{1000} = \frac{10.8 * 3.5}{1000} = 0.0378 \quad (\text{m}^2)$$

$$A = 2.5 * s^2 = 2.5 * 1.0^2 = 2.5 \text{ m}^2 \text{ maka ambil } A = 2.5 \text{ m}^2$$

maka :

$$p_{sl} = 1.3 * 1 * \left(\frac{8}{2.5 * 1.0^2} \right)^{0.3} * 0.6^{0.7} * \frac{50 - 12}{50 - 12} * 15.44 \quad (\text{kN / m}^2)$$

$$p_{sl} = 19.9 \text{ kN / m}^2$$

3. Gaya tekan air pada lambung kapal sebelah samping

adalah termasuk gaya hidrostatik dan menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 1, Section 2 C.500 maka persyaratan tekanan karena gaya hidrostatik pada lambung samping terdiri dari dua daerah pembebanan yaitu :

- Pembebanan pada lambung samping dibawah garis air didaerah Midship, adapun perhitungan beban tekan yaitu :

$$p = 10 * h_o + \left(k_s - 1,5 * \left(\frac{h_o}{T} \right) \right) * C_w \quad (\text{kN} / \text{m}^2) \quad \dots\dots (4.3)$$

dimana :

h_o : Jarak vertikal dari sarat ke titik pusat pembebanan (m)

h_o di midship (beban dibawah sarat = 0.067 m, diatas sarat = 0.2 m)

h_o di 0.8 L (beban dibawah sarat = 0.033 m)

h_o di FP (beban diatas sarat = 0.25 m)

k_s : 7.5 untuk daerah midship

k_s : 5 / C_b untuk daerah samping depan di FP

Untuk lambung sisi samping dari Midship - Forward

Perpendicular (FP) dicari pada grafik 7 Det Norske

Veritas (DNV) Part 3 Chapter 1 Section 2, C.501

C_w : Koefisien gelombang (*wave coefficient*) = 1,

didapat dari grafik 1 Det Norske Veritas (DNV) Part

3, Chapter 1 Section 2 A.201

$$C_b : \text{Koefisien blok} = \frac{\Delta}{1.025 * L * B_{WL} * T}$$

$$\frac{8}{1.025 * 10.8 * 3 * 0.6} = 0.401$$

a : 1 untuk lambung sisi kapal dan open freeboard decks

: 0.8 untuk geladak cuaca diatas freeboard decks

$$p = 10 * 0.067 + \left(7.5 - 1.5 * \left(\frac{0.067}{0.6} \right) \right) * 1 = 8.003 \text{ kN / m}^2$$

- Pembebanan pada lambung samping dibawah garis air didaerah samping 0.8 L adapun perencanaan perhitungan beban tekan yang terjadi yaitu :

$$p = 10 * h_o + \left(k_s - 1.5 * \left(\frac{h_o}{T} \right) \right) * C_w \quad (\text{kN / m}^2) \quad \dots\dots (4.4)$$

di mana $k_s = 10.8$ dari grafik 7, DNV Pt.3, Ch.1, Sec 2 A.201

$$p = 10 * 0.033 + \left(10.8 - 1.5 * \left(\frac{0.033}{0.6} \right) \right) * 1 = 11.05 \text{ kN / m}^2$$

- Pembebanan pada lambung samping diatas garis air didaerah midship, adapun perencanaan perhitungan beban tekan yaitu

$$p = a * k_s * (C_w - 0.53 * h_o) \quad (\text{kN / m}^2) \quad \dots\dots (4.5)$$

$$p = 1 * 7.5 * (1 - 0.53 * 0.2) = 6.705 \text{ kN / m}^2$$

- Pembebanan pada lambung samping diatas garis air didaerah samping depan FP, adapun perencanaan perhitungan beban tekan yaitu

$$p = a * k_s * (C_w - 0.53 * h_o) \quad (\text{kN / m}^2) \quad \dots\dots (4.6)$$

$$p = 1 * 12.469 * (1 - 0.53 * 0.25) = 10.817 \text{ kN / m}^2$$

Menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 1, Section 2 C.500 untuk persyaratan tekanan air minimum untuk lambung samping = $6.5 \text{ kN} / \text{m}^2$ dan untuk geladak terbuka $p = 5 \text{ kN} / \text{m}^2$ maka dari perhitungan pembebanan yang bekerja pada lambung kapal didapat :

- a. Tekanan karena hempasan pada lambung bawah

$$p_{sl} = 19.9 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- b. Pembebanan pada lambung samping dibawah sarat di daerah midship

$$p = 8.003 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- c. Pembebanan pada lambung samping dibawah sarat di daerah 0.8 L

$$p = 11.05 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- d. Pembebanan pada lambung samping diatas garis air di daerah depan FP

$$p = 10.817 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Menurut Det Norske Veritas Part 3 Chapter 1 Section 2 A.104 perencanaan pembebanan yang diambil yaitu pada kondisi kritis (beban maksimum yang diterima)

4.2. Perhitungan Kekuatan Struktur Laminate Kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich.

Untuk mengetahui kelayakan desain laminate kulit Panel FRP Sandwich yang dibuat untuk lambung kapal cepat kita gunakan peraturan dari Det Norske Veritas (DNV), Norwegia. Adapun persyaratan minimum yang harus dipenuhi

untuk laminate kulit FRP Sandwich yang kita desain untuk lambung kapal cepat akan dibahas pada sub bab 4.2.1 s/d 4.6.2. berikut.

4.2.1. Perhitungan Komposisi Berat Serat Penguat Menerus pada Spesimen

Laminate Kulit FRP Sandwich.

Menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV), Norwegia Part 3, Chapter 4, Section 5, A.201 bahwa berat serat penguat menerus minimal adalah 40 % dari berat serat penguat pada laminate kulit. Adapun perhitungan berat serat penguat menerus terdapat pada lampiran (IV.A)

Dari susunan laminate kulit FRP Sandwich yang direncanakan terdapat susunan laminate yang tidak memenuhi syarat minimum yang diberikan klasifikasi Det Norske Veritas), Norwegia Part 3, Chapter 4, Section 5, A.201 bahwa berat serat penguat menerus minimal adalah 40 % dari berat serat penguat pada laminate kulit sedangkan pada susunan laminate kulit yang direncanakan komposisi serat menerus sebanyak 37.2 % maka untuk proses selanjutnya laminate kulit ini yaitu spesimen C, tidak dipakai untuk proses perencanaan perhitungan selanjutnya.

4.2.2. Perhitungan Ketebalan Laminate Kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP)

Sandwich untuk Lambung Kapal Cepat.

Untuk menghitung ketebalan laminate kulit FRP Sandwich dari kapal cepat yang ditinjau berdasarkan klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4,

Section 5, A.203. Adapun ketebalan minimum laminate kulit FRP Sandwich yang diperbolehkan adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{t_0 + kL}{\sqrt{f}} \quad (\text{mm})$$

dimana : t_0 & k : didapat dari tabel A2 Det Norske Veritas (DNV) Part 3,
Chapter 4, Section 5, A.203

$$f = \frac{\sigma_{nu}}{160}$$

σ_{nu} : kekuatan tarik maksimum dari laminate kulit FRP (N / mm²)

Berdasarkan persyaratan DNV kita dapat menghitung ketebalan laminate kulit Panel FRP Sandwich untuk lambung kapal cepat yang kita buat. Perhitungan ketebalan laminate kulit lambung yang ditinjau terdapat pada lampiran (IV.B)

Dari perhitungan ketebalan yang disyaratkan oleh klasifikasi Det Norske Veritas (DNV), Norwegia maka laminate yang dibuat telah memenuhi persyaratan. Dari 6 buah spesimen yang memenuhi persyaratan diatas maka kita dapat mengkombinasikan laminate kulit tersebut untuk Panel FRP Sandwich pada lambung kapal cepat yang kita rencanakan. Kombinasi dari setiap laminate kulit dengan 6 variasi ketebalan dan 3 grade material lapisan inti maka terdapat 208 variasi untuk lambung dasar, dan 201 variasi untuk lambung samping yang memenuhi syarat DNV.

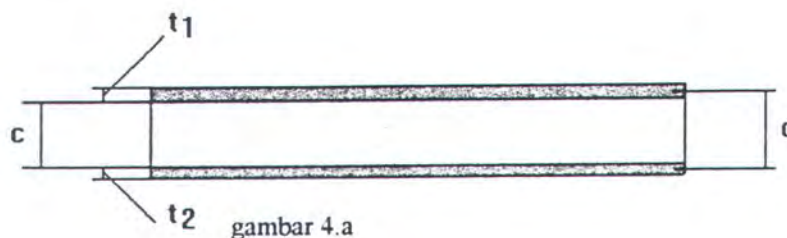
4.3. Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich Pada Lambung Kapal Cepat.

Dalam merencanakan kekuatan struktur Panel FRP Sandwich yang akan digunakan untuk bangunan kapal cepat maka terlebih dahulu harus menentukan lapisan inti yang akan digunakan, sesuai dengan persyaratan klasifikasi.

Proses selanjutnya adalah menghitung kekuatan struktur panel FRP Sandwich yang akan dipakai pada kapal cepat yang kita tinjau. Adapun perhitungan kekuatan FRP Sandwich untuk lambung kapal cepat meliputi :

- A) Defleksi yang terjadi yang terjadi pada panel FRP Sandwich
- B) Tegangan Normal Maksimum yang terjadi pada laminate kulit FRP Sandwich
- C) Tegangan Geser Maksimum yang terjadi pada lapisan inti.

Gambar panel FRP Sandwich yang akan dianalisa yaitu sebagai berikut :



- t_1 : tebal laminate kulit bagian luar
- t_2 : tebal laminate kulit bagian dalam
- c : tebal lapisan inti
- d : jarak antara garis tengah laminate kulit

$$d = \frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{2} + c$$

a : sisi terpanjang dari panel sandwich yang direncanakan (m)

b : sisi terpendek dari panel sandwich yang direncanakan (m)

Dari data kapal yang ditinjau diperoleh data sebagai berikut :

a = 1000 mm (jarak frame yang direncanakan) diperoleh dari
gambar konstruksi profil kapal yang ditinjau.

b = 660 mm (jarak stringer pada lambung dasar) diperoleh dari
gambar konstruksi profil kapal yang ditinjau.

b = 640 mm (jarak longitudinal girder lambung sisi) diperoleh
dari gambar konstruksi profil kapal yang ditinjau.

Menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4, Section

5 B.100 perbandingan antara ketebalan lapisan inti dengan laminate kulit adalah

sebagai berikut : $\frac{d}{t} > 5.77$

4.3.1. Perhitungan Defleksi

Perhitungan defleksi yang terjadi pada panel laminate FRP Sandwich jika dikenai beban sebesar (p) menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4, Section 5 B.300 sebagai berikut

$$w = \frac{10^6 \cdot p \cdot b^4}{D_2} (C_6 \cdot C_8 + \rho \cdot C_7) \quad (\text{ mm })$$

$$D_2 = \frac{E \cdot t \cdot d^2}{2 \cdot (1 - \nu^2)} \quad \Leftrightarrow \quad \text{untuk laminate kulit dengan}$$

modulus elastisitas dan ketebalan yang sama

$$D_2 = \frac{E_1 \cdot E_2 \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot d^2}{(1 - \nu^2) \cdot (E_1 \cdot t_1 + E_2 \cdot t_2)} \quad \Leftrightarrow \quad \text{untuk laminate kulit dengan modulus}$$

elastisitas dan ketebalan yang berbeda

$$\rho = \frac{\pi^2 \cdot D_2}{10^6 \cdot G_c \cdot d \cdot b^2}$$

- E : Modulus elastisitas laminate kulit
- E₁ : Modulus elastisitas kulit luar
- E₂ : Modulus elastisitas kulit dalam
- G_c : modulus geser dari lapisan inti yang dipakai dalam panel sandwich (yang telah memperoleh sertifikasi DNV)
- w : defleksi (mm)
- p : pembebanan maksimum (kN / m²) didapat pada bab 4.2.1.
- C₆ ; C₇ : diperoleh dari grafik 4 Det Norske Veritas (DNV)
Part 3, Chapter 4, Section 5 B.400
- C₈ : diperoleh dari grafik 5 Det Norske Veritas (DNV) Part 3,
Chapter 4, Section 5 B.400

Menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4, Section 5 B.501 defleksi maksimum per sisi terpendek yaitu :

$$\frac{w}{b} < 0.01 \quad \text{dimana } w \text{ dan } b \text{ dalam satuan (mm)}$$

Dari laminate kulit yang telah dibuat maka dapat kita hitung besarnya defleksi yang terjadi pada Panel FRP Sandwich jika dikenai beban p (kN / m²).

Adapun perhitungan defleksi terdiri atas beberapa variasi laminate kulit dengan berbagai variasi ketebalan dan grade lapisan inti. Untuk proses perhitungan defleksi ini terdapat pada lampiran (IV.C).

4.3.2. Perhitungan Tegangan Normal Maksimum Pada Laminate Kulit

Perhitungan tegangan normal maksimum yang terjadi pada laminate kulit luar dari FRP Sandwich jika dikenai beban sebesar (p) menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4, Section 5 B.200 adalah :

$$\sigma_n = \frac{160 \cdot p \cdot b^2}{W} C_N \cdot C_1 \text{ (N / mm }^2 \text{)}$$

σ_n : tegangan normal (N / mm ²)

p : beban maksimum (kN / m ²) didapat pada bab 4.2.1.

C_N : $C_3 + v \cdot C_2$ untuk sisi terpendek

C_N : $C_2 + v \cdot C_3$ untuk sisi terpanjang

v : angka poisson dari laminate kulit

C_2 dan C_3 (Sandwich panel faktor) didapat dari grafik 1 Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4, Section 5 B.200

C_1 (*Sandwich panel faktor*) didapat dari grafik 2 Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4, Section 5 B.200

W : section modulus dari panel sandwich per lebar panel yang direncanakan (mm ³ / mm), untuk panel sandwich dimana kulit luar dan kulit dalam sama tebal $W = d * t$

$$W = \frac{SM}{b} \quad \text{untuk panel dimana kulit luar dan kulit dalam tidak sama tebal (mm}^2 \text{).}$$

Menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4, Section 5 B.501 tegangan normal maksimum yang terjadi pada laminate kulit luar yaitu :

$$\sigma_n < 0.3 \sigma_{nu}$$

dimana : σ_{nu} , kekuatan tarik maksimum laminate kulit diperoleh dari hasil pengujian tarik (M Pa)

Adapun perhitungan tegangan normal maksimum yang terjadi pada setiap variasi laminate kulit panel FRP Sandwich terdapat pada lampiran (IV.C).

4.3.3. Perhitungan Tegangan Geser Maksimum

Perhitungan tegangan geser maksimum yang terjadi pada lapisan inti dari panel laminate kulit FRP Sandwich jika dikenai beban sebesar (p) menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4, Section 5 B.202 adalah sebagai berikut :

$$\tau_c = \frac{0.52 \cdot p \cdot b}{d} C_s \quad (\text{N} / \text{mm}^2)$$

τ_c : tegangan geser (N / mm²)

p : pembebanan maksimum (kN / m²) didapat pada bab 4.2.1.

C_s : C_5 untuk sisi terpendek

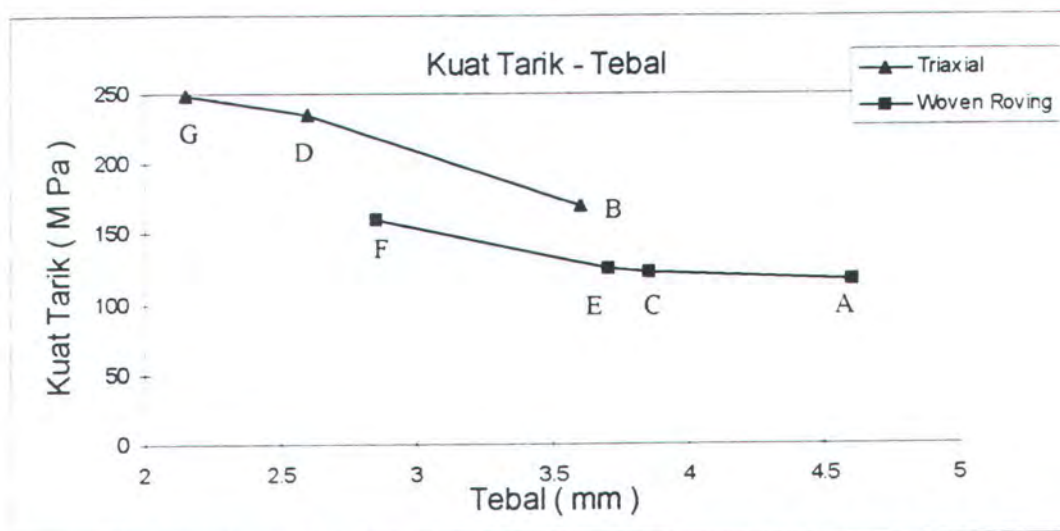
: C_4 untuk sisi terpanjang

BAB V

ANALISA HASIL PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN

5.1. BERDASARKAN PENGUJIAN TARIK

5.1.1. Kekuatan Tarik Laminate Kulit FRP Sandwich (σ_n)

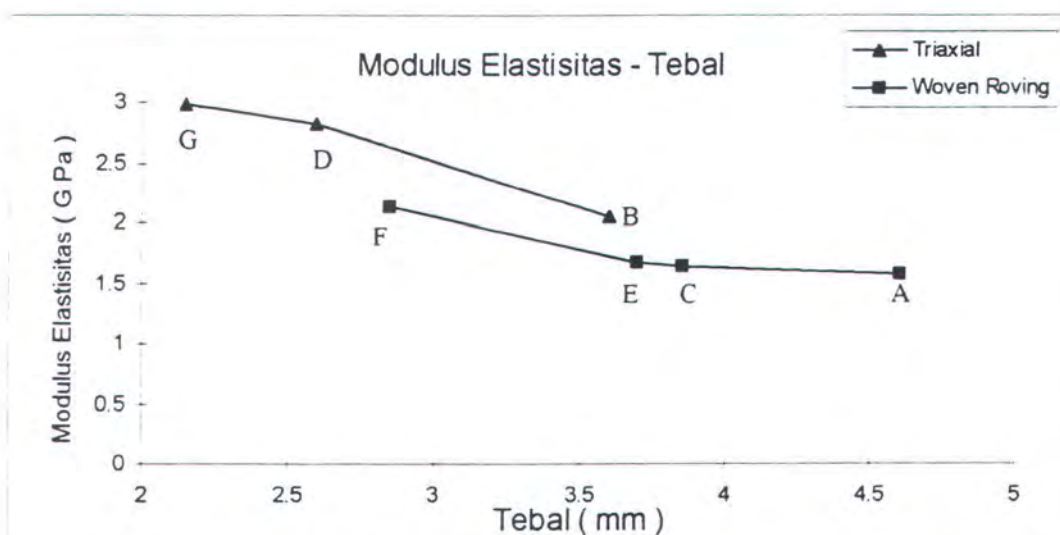


Gambar 5.1. Kekuatan tarik laminate kulit FRP yang menggunakan serat triaxial dan serat woven roving

Dari hasil pengujian tarik didapat besarnya beban maksimum (F) yang mampu ditahan oleh spesimen uji. Tebal spesimen dan lebar spesimen diukur dan dihitung luas penampang melintang spesimen uji. Dengan mengetahui luas penampang melintang spesimen uji dan beban (F) maka dapat dihitung besarnya kekuatan tarik setiap spesimen uji. Dari hasil pengujian diketahui bahwa kekuatan tarik laminate FRP (G, D, B) menggunakan serat triaxial lebih tinggi dibandingkan laminate kulit FRP yang menggunakan serat woven roving (A, C, E, F). Pada gambar 5.1 terlihat bahwa penambahan ketebalan laminate kulit menyebabkan penurunan kekuatan tarik, ini menunjukkan bahwa penambahan

lamina serat chopped strand mat tidak memberikan penambahan kekuatan tarik laminate kulit. Penambahan lamina chopped strand mat hanya berfungsi sebagai lamina pengikat antara, supaya pada pembuatan lamina serat woven roving, triaxial maupun lapisan inti tidak slip, juga dipasang sebagai lamina pertama supaya laminate kulit menjadi halus. Lamina chopped strand mat memerlukan banyak resin sehingga laminate tambah tebal, komposisi resin yang banyak ini memberikan keuntungan pada kemampuan menahan resapan air yang tinggi ⁽⁷⁾.

5.1.2. Modulus Elastisitas.



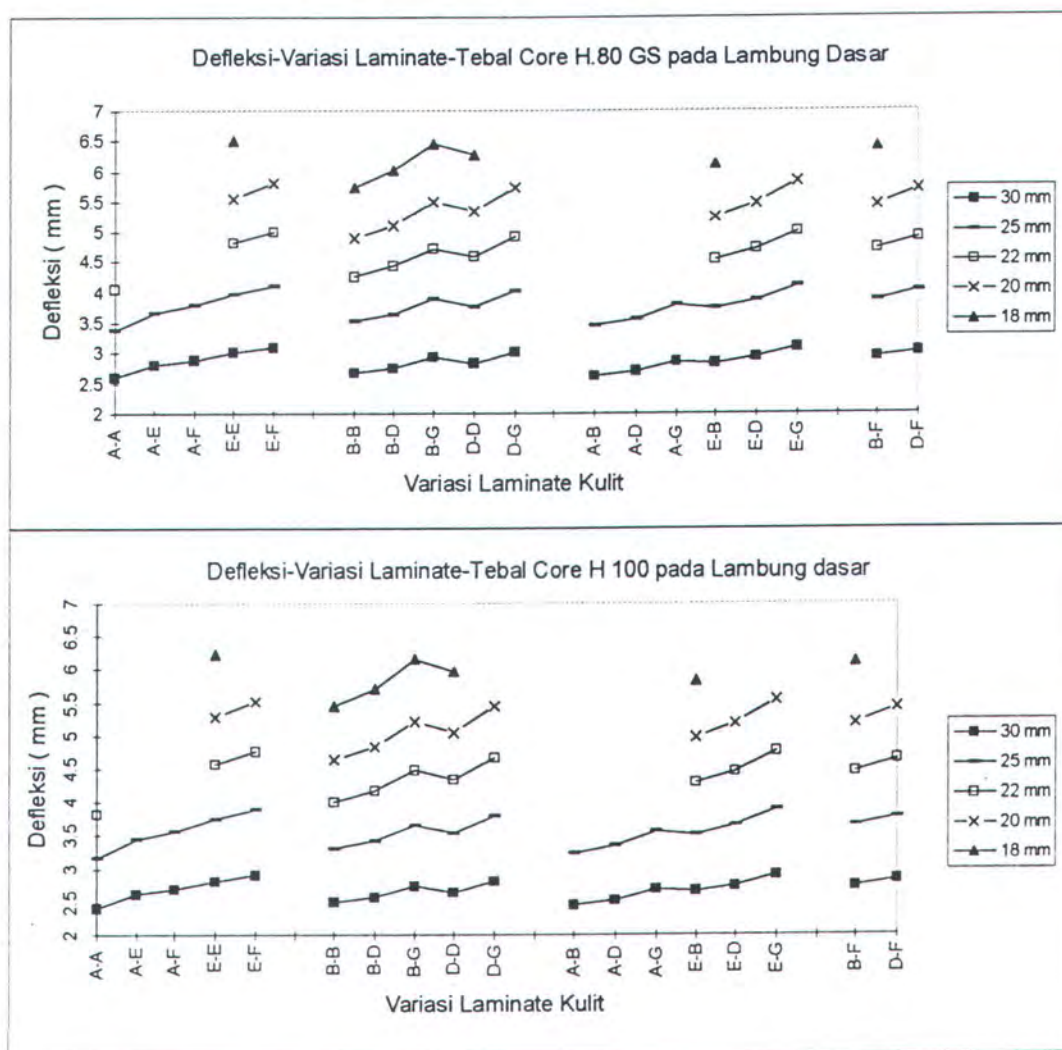
Gambar 5.2. : Modulus Elastisitas laminate kulit FRP yang menggunakan serat triaxial dan serat woven roving

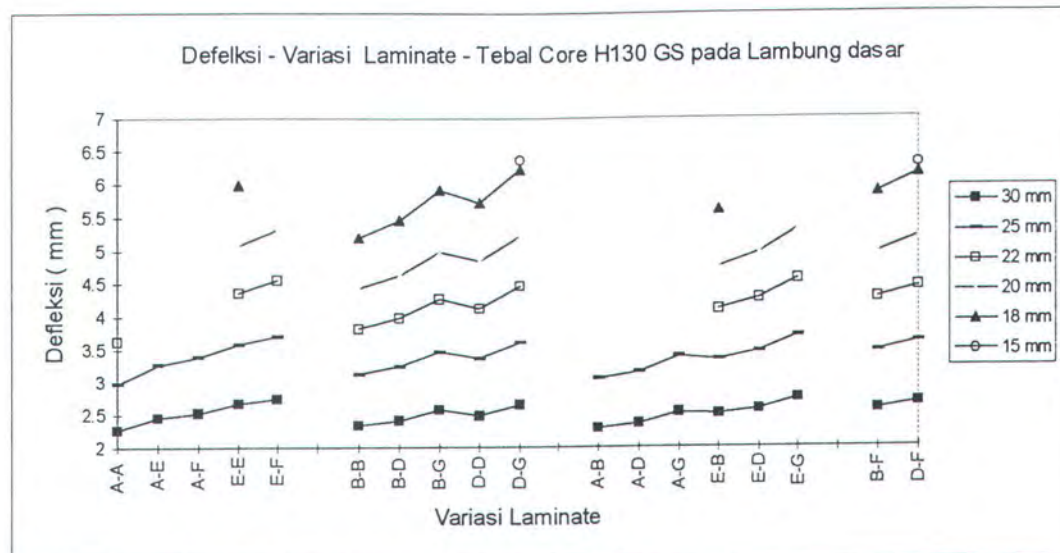
Berdasarkan hasil pengujian tarik didapat besarnya beban maksimum yang mampu ditahan (F) dan pertambahan panjang ΔL (mm) spesimen uji, dari kedua data ini dapat kita hitung modulus elastisitas setiap spesimen uji. Dari hasil pengujian diketahui bahwa modulus elastisitas laminate FRP (G, D, B) yang menggunakan serat triaxial lebih tinggi dibandingkan dengan laminate yang

menggunakan serat woven roving (A, C, E, F). Pada gambar 5.2 terlihat bahwa penambahan ketebalan laminate kulit menyebabkan penurunan kekuatan tarik, hal ini karena penampang spesimen uji bertambah luas akibat penambahan lamina serat chopped strand mat yang memerlukan banyak resin sehingga laminate tambah tebal.

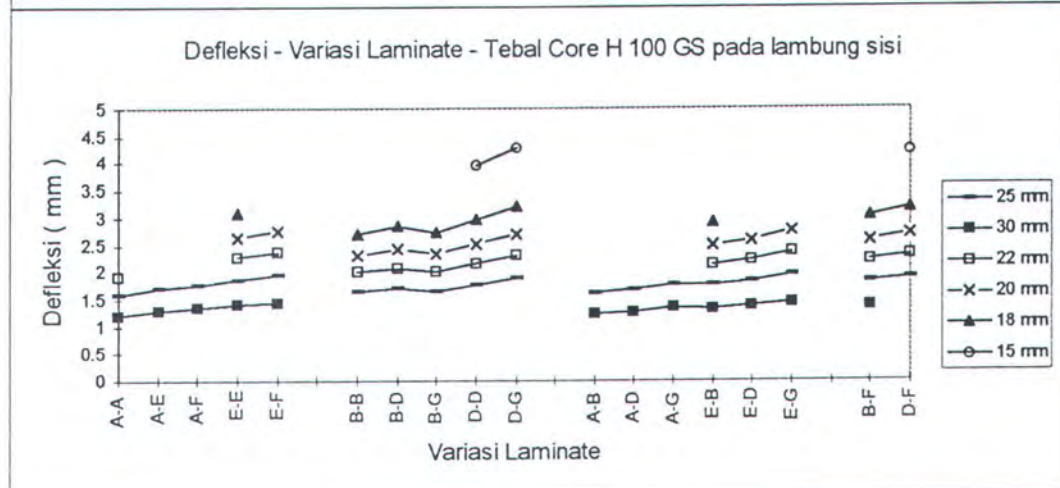
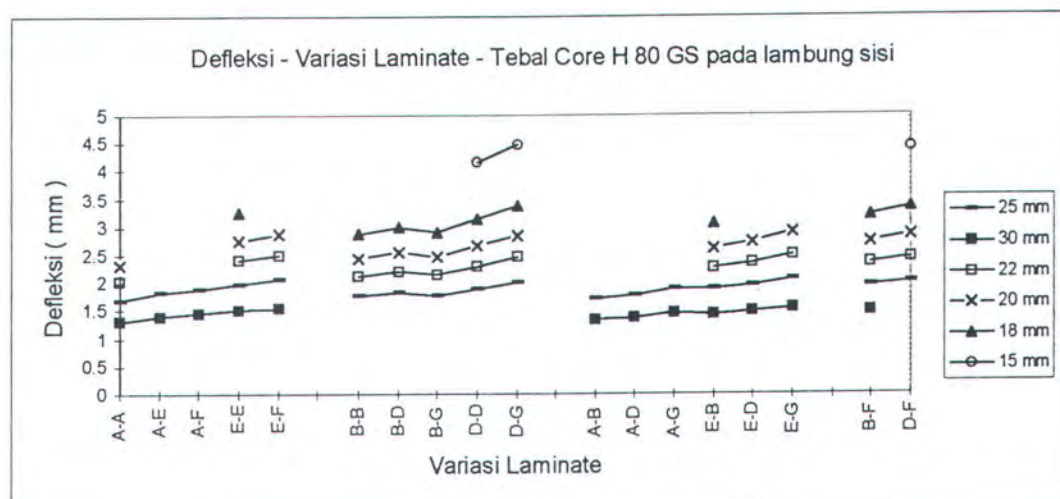
5.2 BERDASARKAN PERHITUNGAN DET NORSKE VERITAS

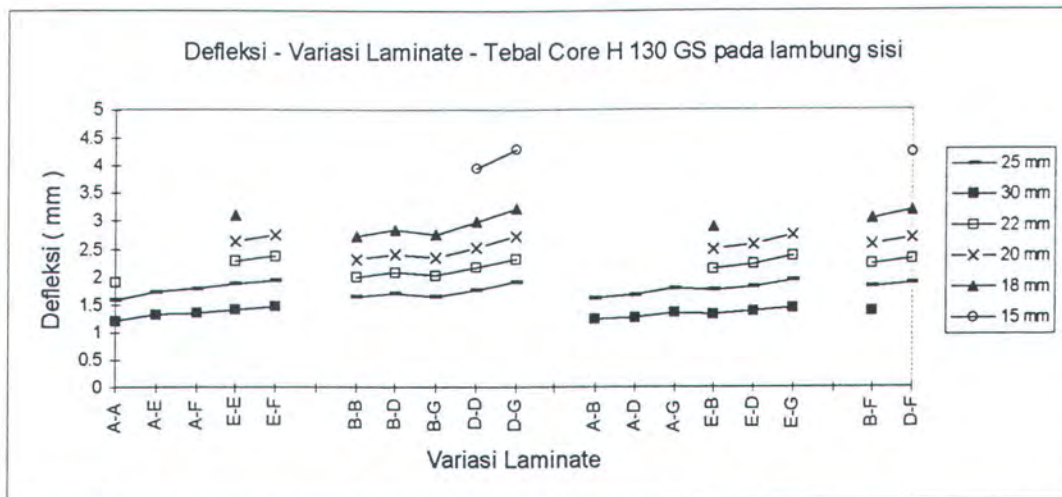
5.2.1 Defleksi Pada Lambung Dasar dan Lambung Sisi





Gambar 5.3.a : Defleksi Panel FRP Sandwich pada lambung dasar



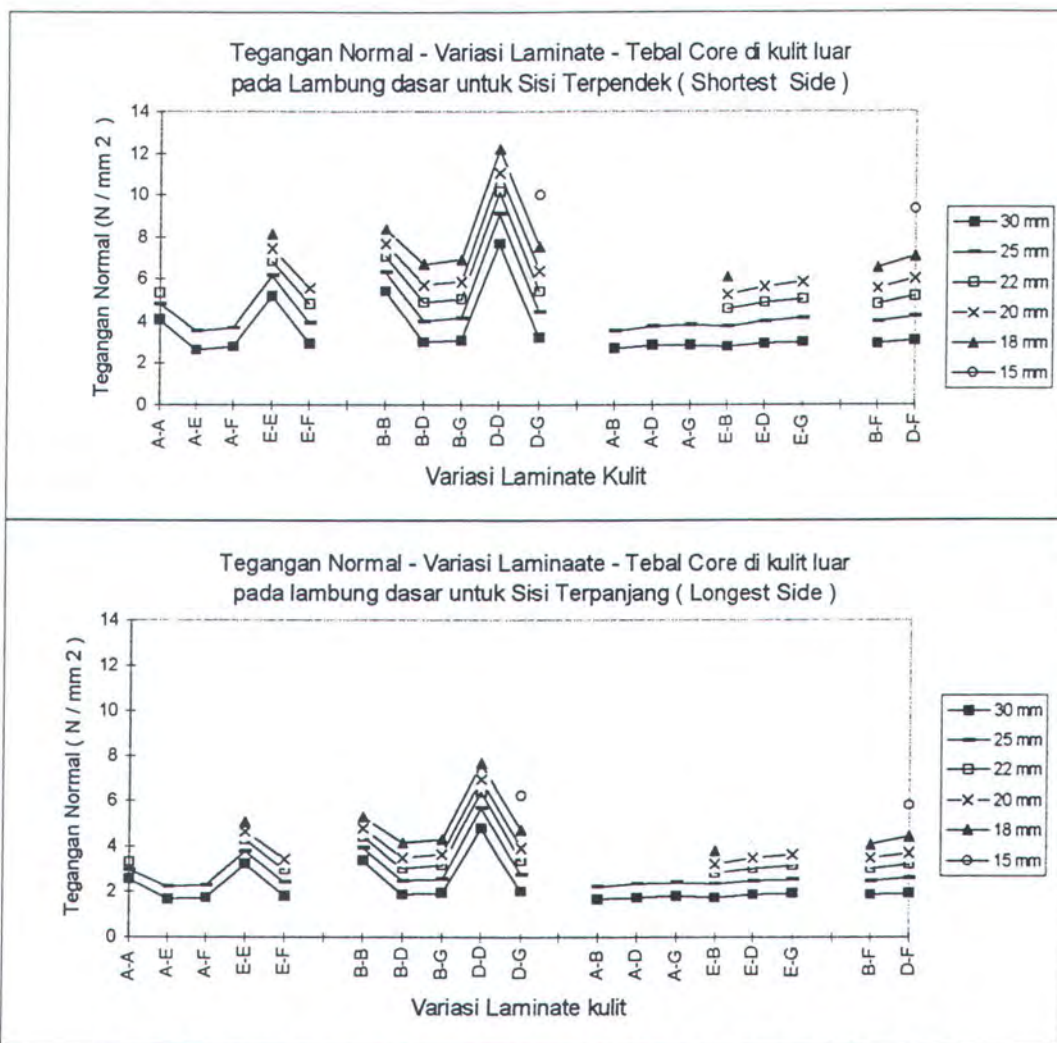


Gambar 5.3.b : Defleksi Panel FRP Sandwich pada lambung sisi

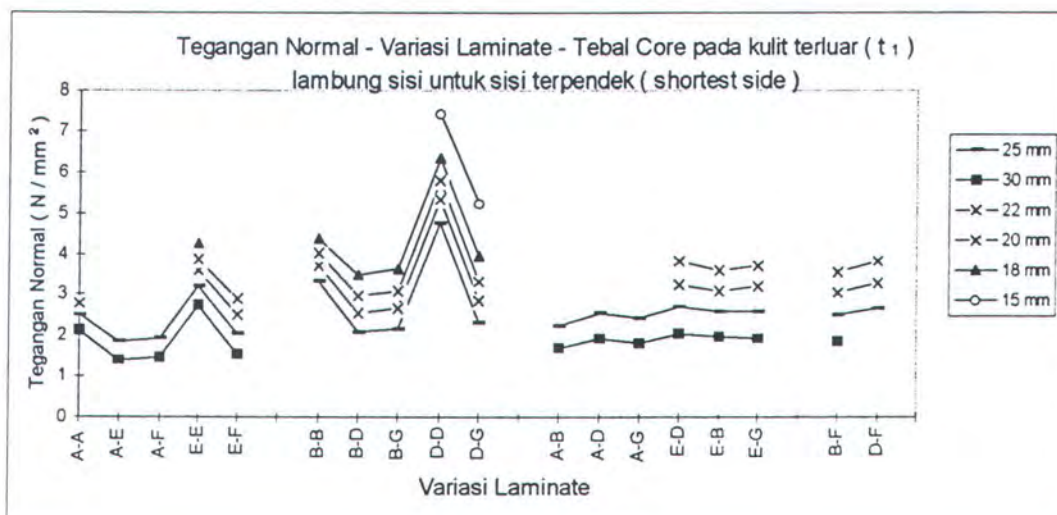
Dari gambar 5.3.a dan gambar 5.3.b terlihat bahwa defleksi yang terjadi pada Panel FRP Sandwich di lambung dasar dan lambung sisi sangat dipengaruhi oleh ketebalan lapisan inti, ketebalan variasi laminate. Semakin tebal lapisan inti, defleksi yang terjadi akan makin kecil. Pada serat penguat menerus yang sama makin tebal variasi laminate kulit maka defleksi makin kecil. Pada ketebalan relatif sama, defleksi Panel FRP Sandwich serat triaxial lebih kecil, misalnya di lambung dasar dengan lapisan inti H 130 GS tebal 25 mm

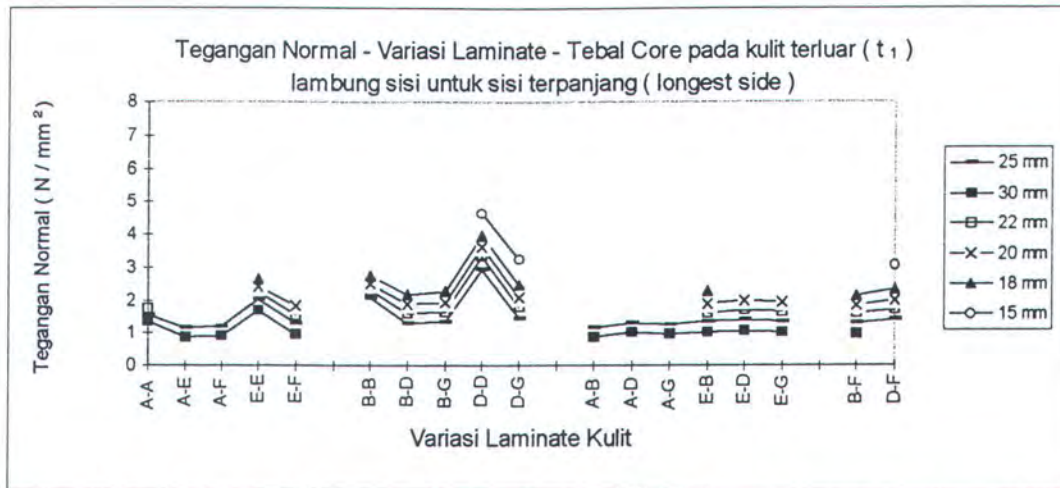
Laminate kulit	tebal (mm)	defleksi (mm)
triaxial (B-B)	28.6	3.1136
woven roving (E-E)	28.7	3.5631
woven roving - triaxial (E - B)	28.65	3.3396

5.2.2 Tegangan Normal Pada Lambung Dasar dan Lambung Sisi



Gambar 5.4.a : Tegangan Normal laminate kulit luar Panel FRP Sandwich pada lambung dasar

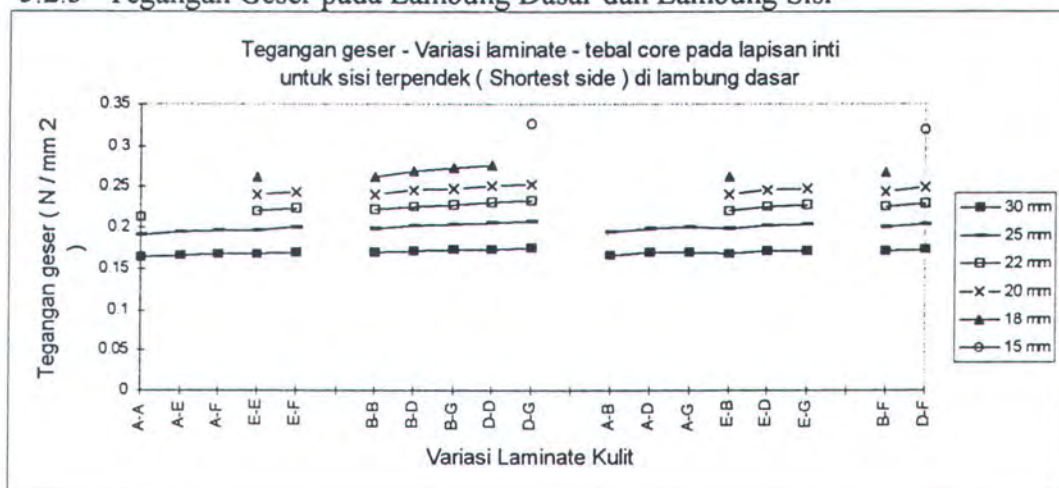


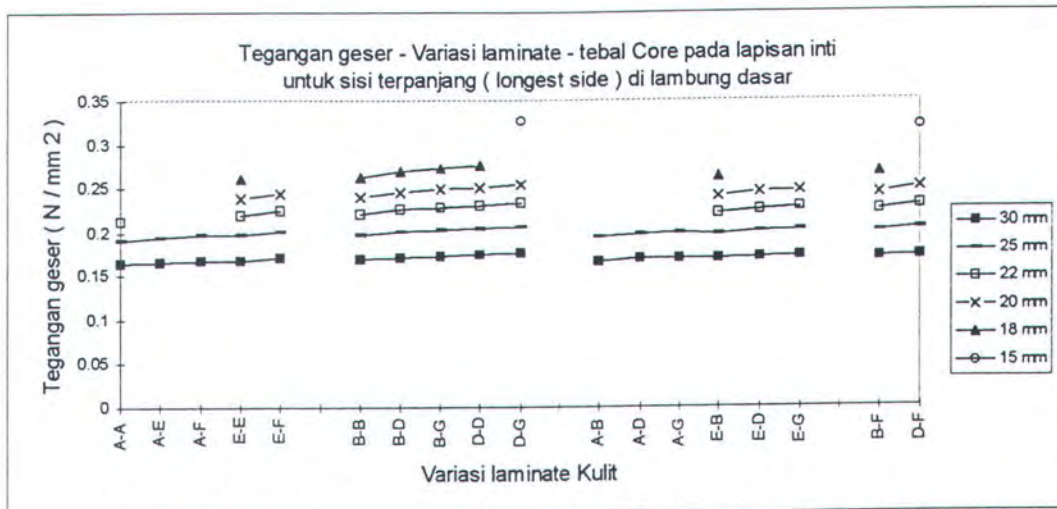


Gambar 5.4.b : Tegangan Normal laminate kulit luar Panel FRP Sandwich pada lambung sisi

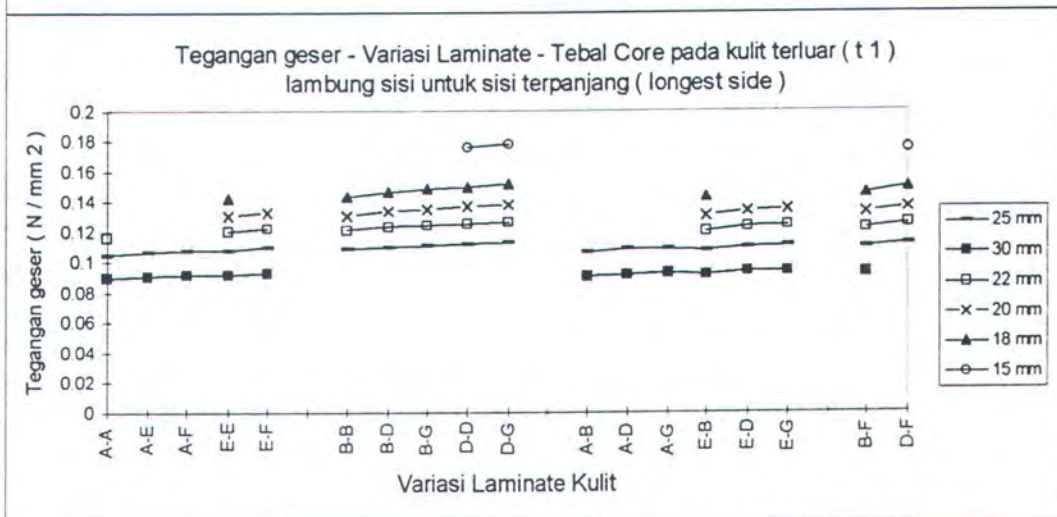
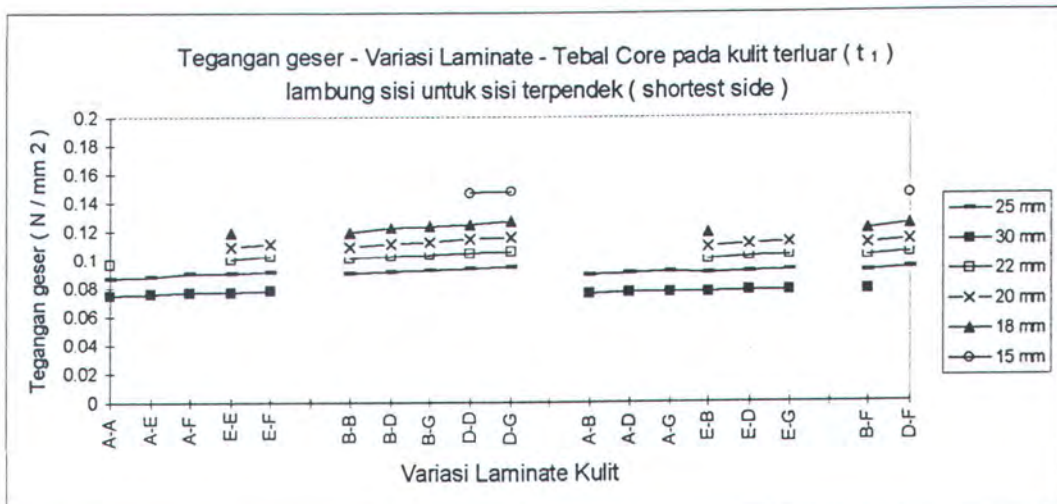
Pada gambar 5.4.a dan 5.4.b terlihat bahwa tegangan normal laminate kulit luar (*outer skin*) lambung dasar dan lambung sisi untuk sisi terpendek maupun sisi terpanjang sangat dipengaruhi oleh ketebalan lapisan inti, semakin tipis lapisan inti maka tegangan normal semakin besar. Pengaruh variasi laminate kulit sangat besar jika variasi kulit luar dan kulit dalam adalah sama, ini sesuai dengan persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5 bahwa section modulus dari panel sandwich per unit lebar adalah $W = d \cdot t$ menghasilkan nilai W yang kecil sehingga tegangan normal yang terjadi pada kulit luar menjadi besar.

5.2.3 Tegangan Geser pada Lambung Dasar dan Lambung Sisi





Gambar 5.5.a : Tegangan geser lapisan inti Panel FRP Sandwich pada lambung dasar.

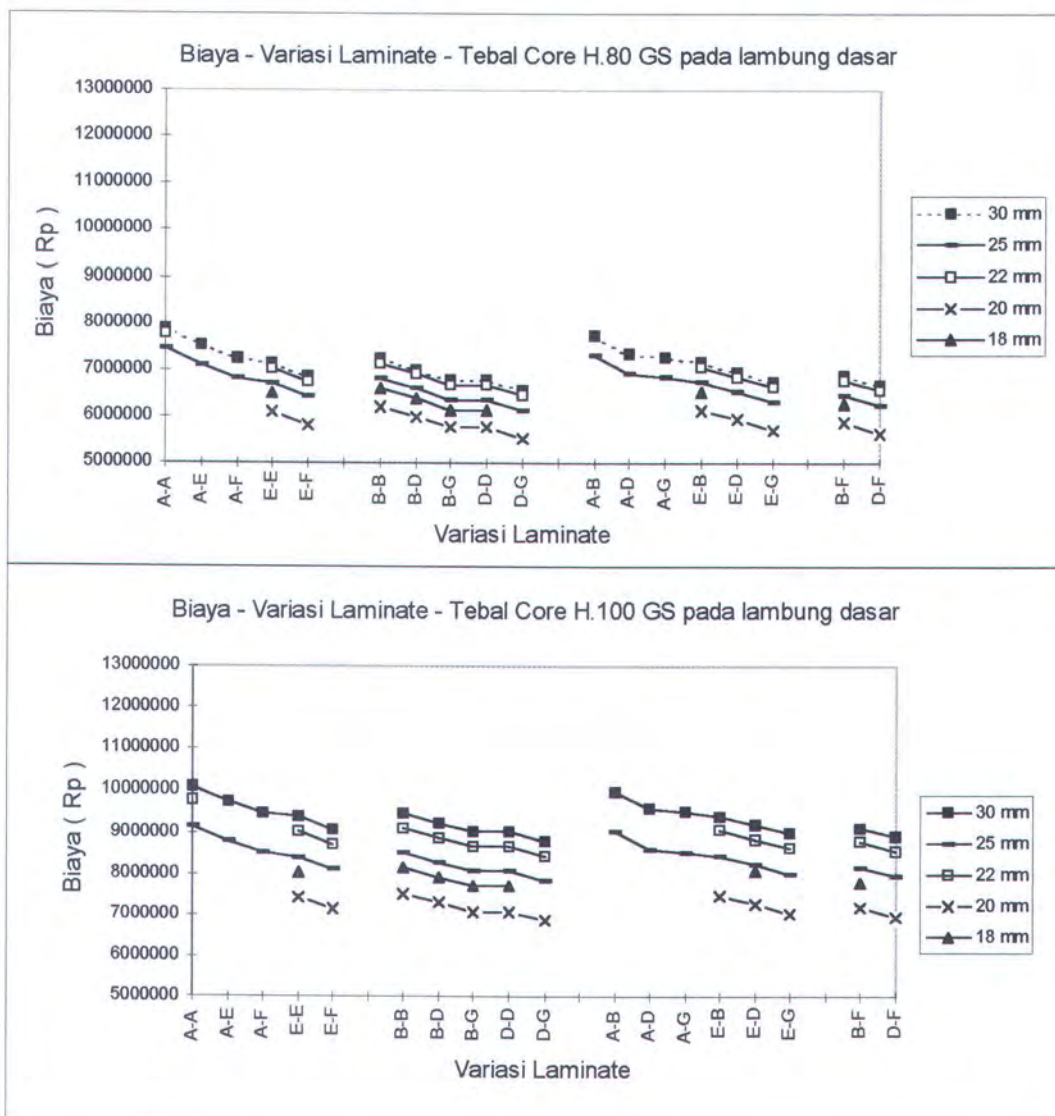


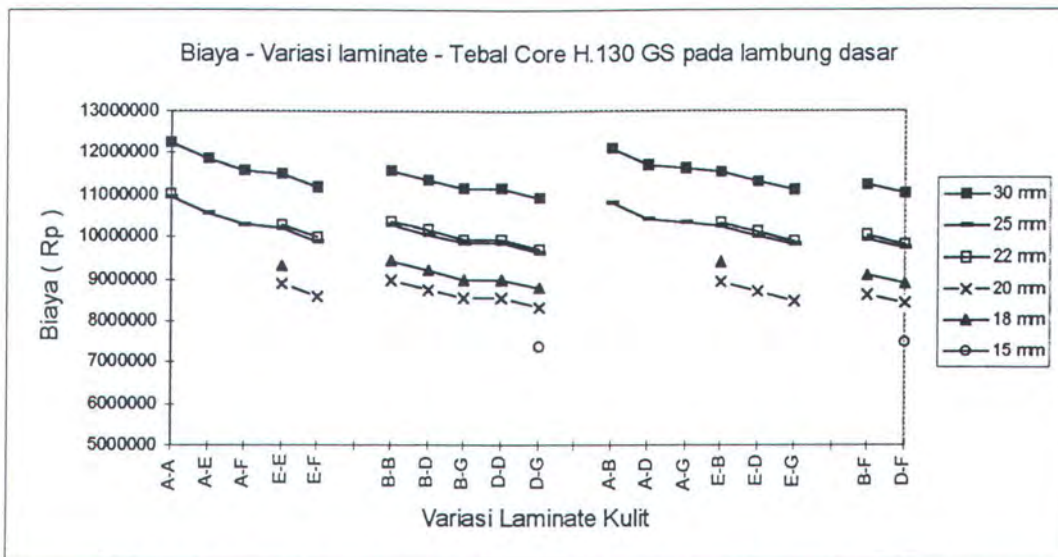
Gambar 5.5.b : Tegangan geser lapisan inti Panel FRP Sandwich pada lambung sisi.

Dari gambar 5.5.a dan gambar 5.5.b terlihat bahwa tegangan geser yang terjadi pada lapisan inti sangat dipengaruhi ketebalan lapisan inti, semakin tipis lapisan inti tegangan geser semakin besar. Variasi ketebalan laminate kulit FRP Sandwich tidak begitu berpengaruh terhadap tegangan geser, karena penambahan ketebalan laminate kulit sangat tipis dibanding ketebalan lapisan inti.

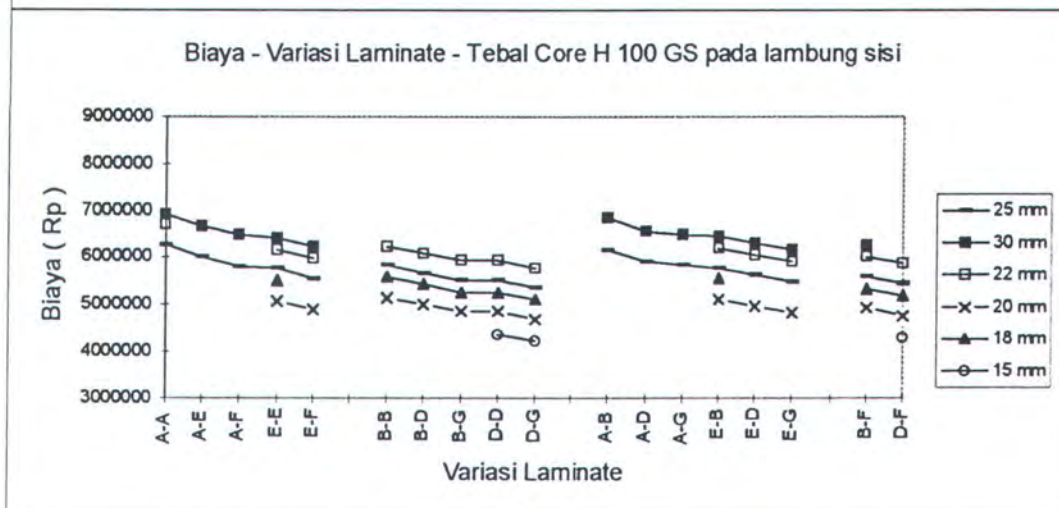
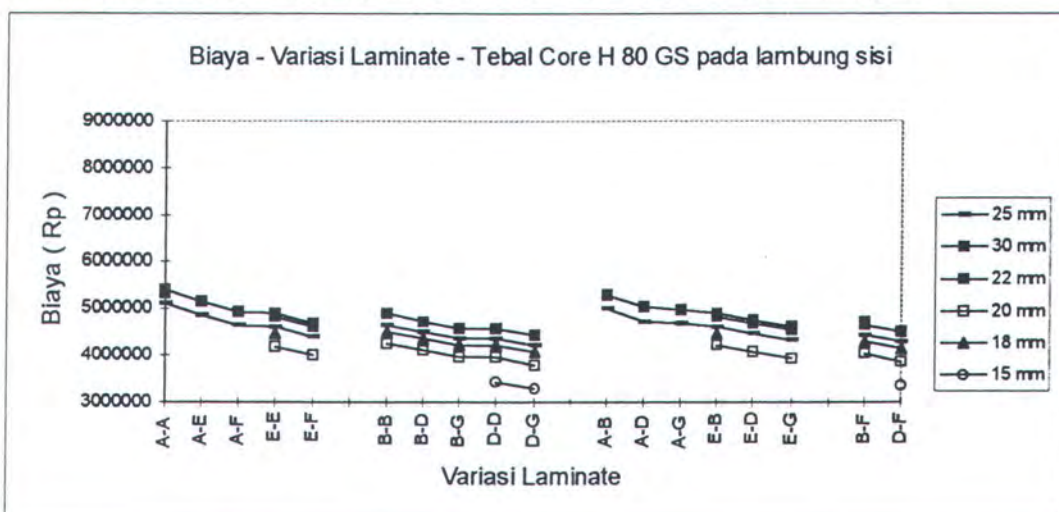
5.3. BERDASARKAN PERHITUNGAN BIAYA DAN BERAT MATERIAL

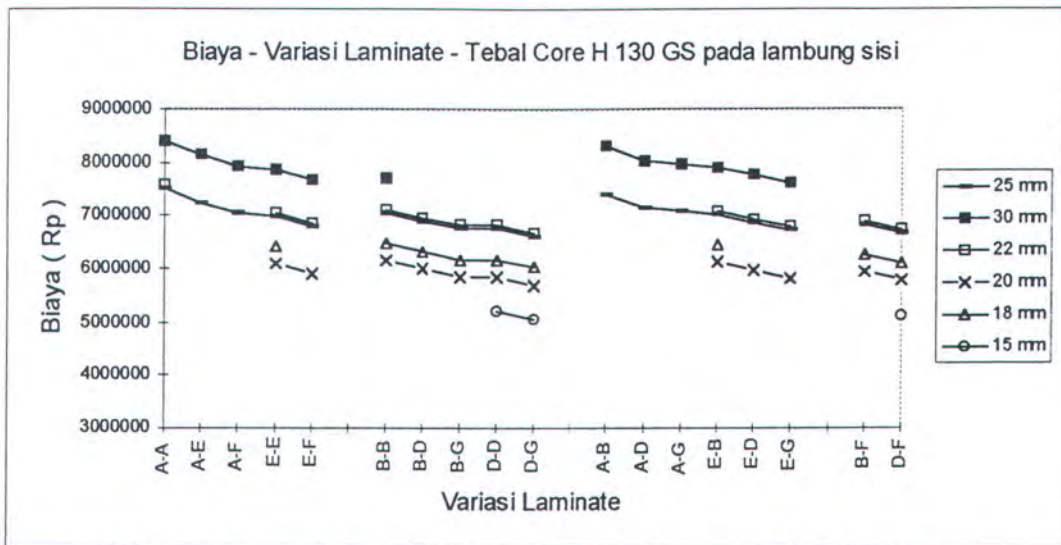
5.3.1 Biaya Material Pembentuk Panel FRP Sandwich





Gambar 5.6.a : Biaya material pembentuk Panel FRP Sandwich untuk lambung dasar

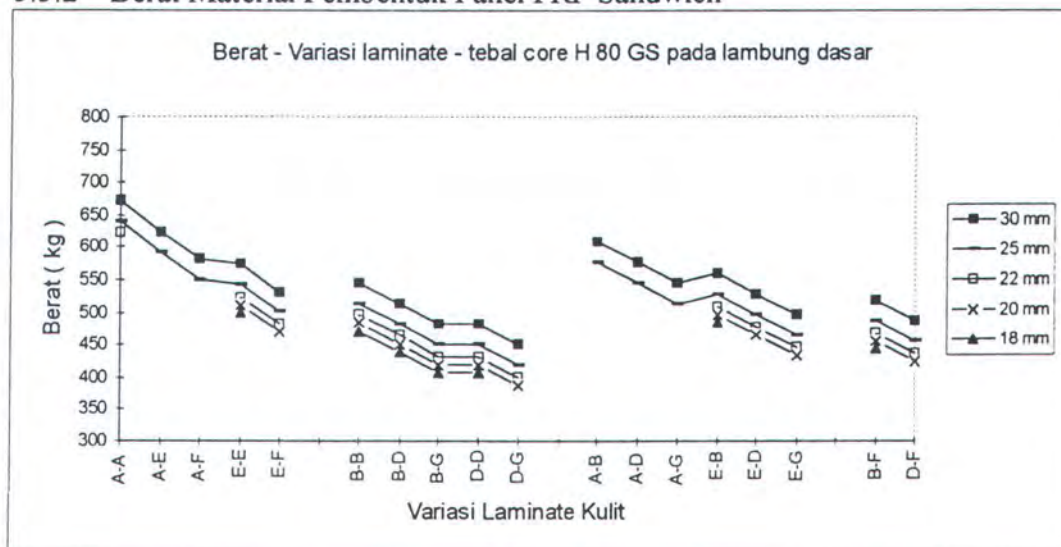


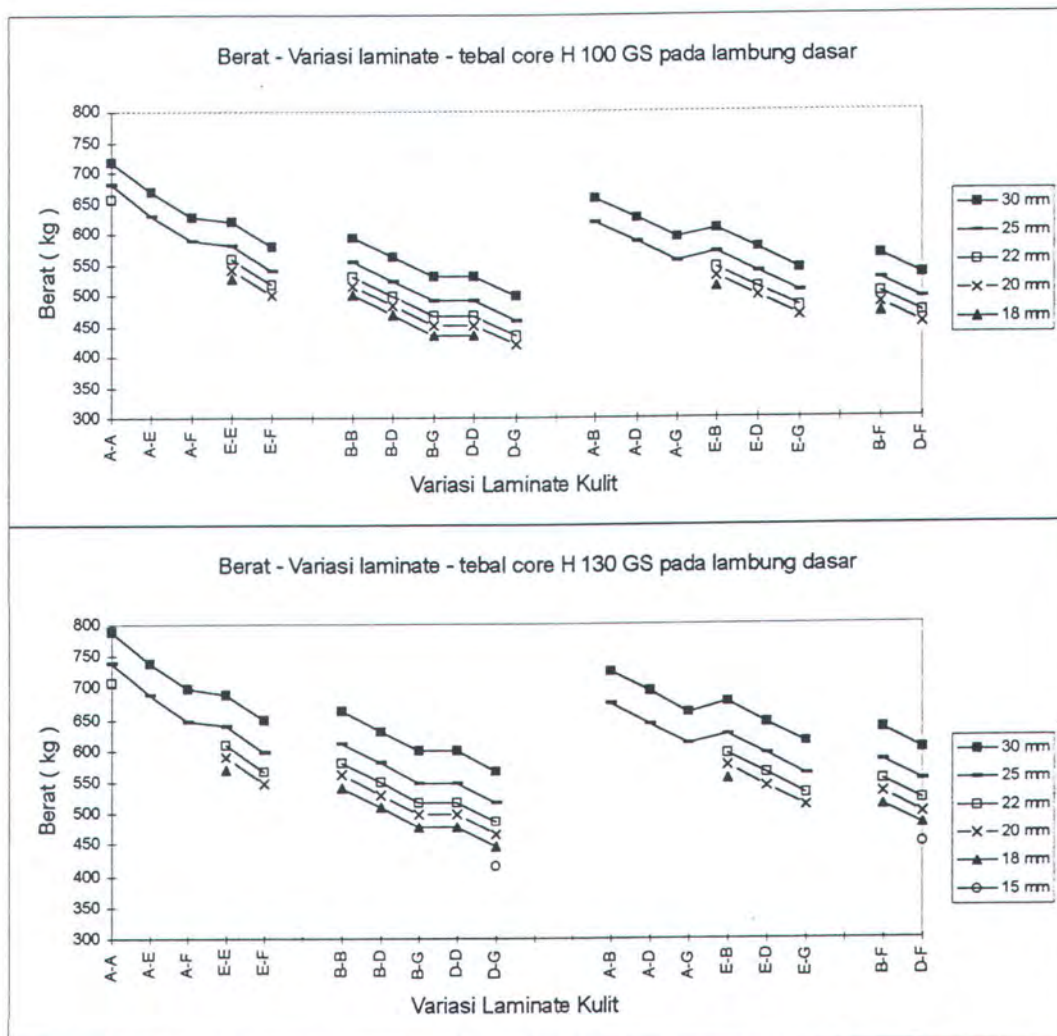


Gambar 5.6.b : Biaya material pembentuk Panel FRP Sandwich untuk lambung sisi

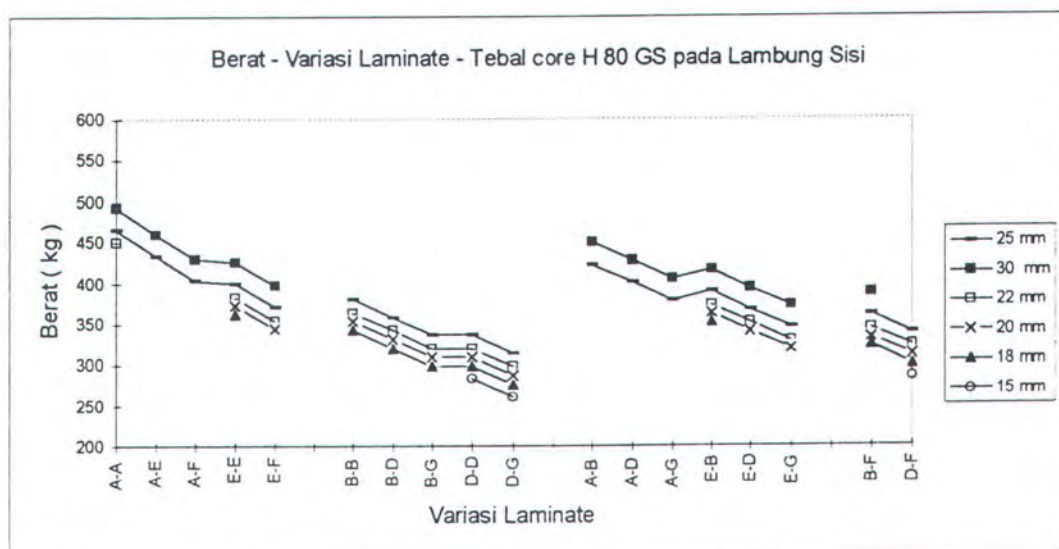
Dari gambar 5.6.a dan gambar 5.6.b terlihat bahwa biaya yang dibutuhkan Panel FRP Sandwich pada lambung sangat dipengaruhi oleh variasi laminate kulit FRP, ketebalan lapisan inti dan grade lapisan inti. Makin tebal dan makin tinggi grade lapisan inti maka biaya material makin mahal. Lapisan inti 22 mm lebih mahal dibandingkan ketebalan 25 mm disebabkan ketebalan lapisan inti 22 mm merupakan gabungan harga tebal core 12 mm dan 10 mm yang jadi lebih mahal.

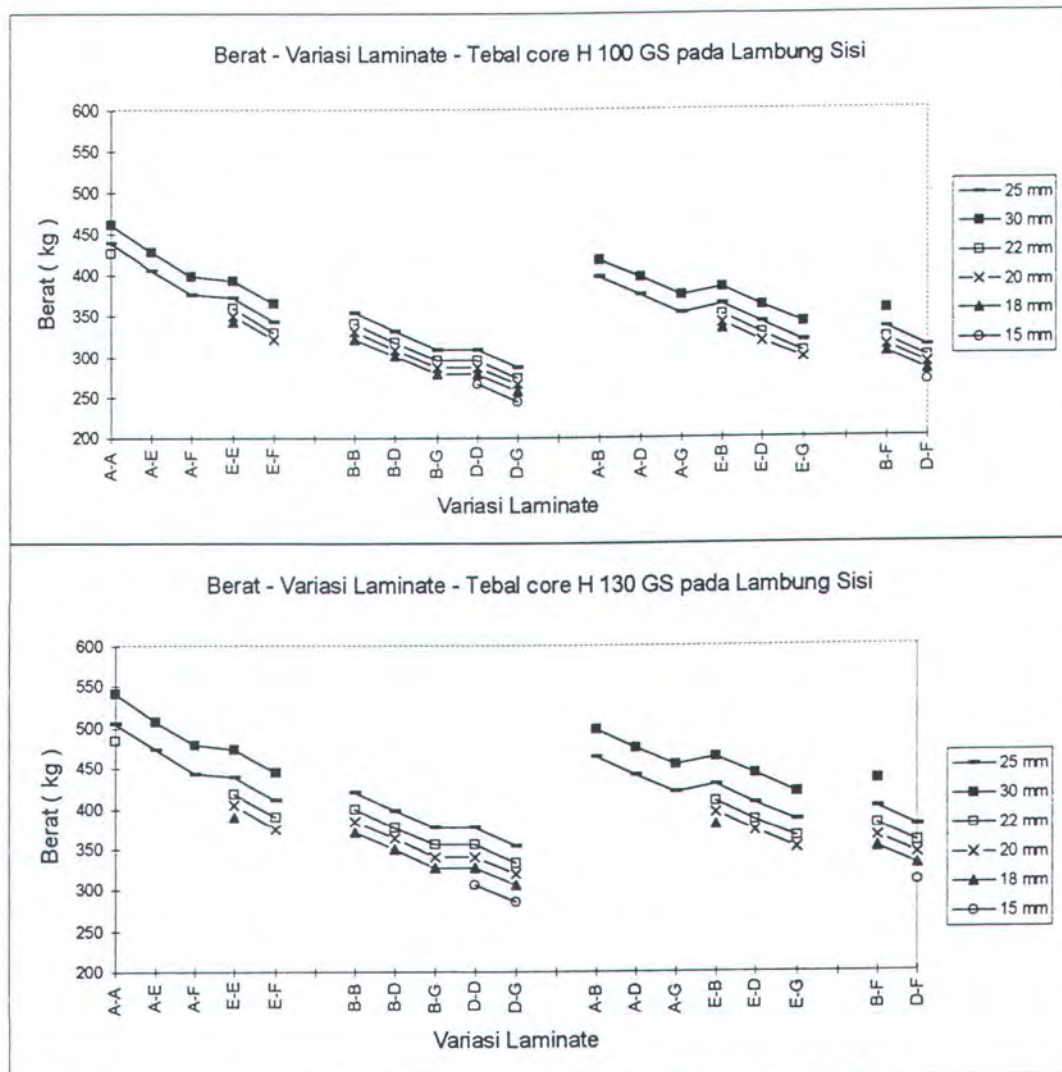
5.3.2 Berat Material Pembentuk Panel FRP Sandwich





Gambar 5.7.a : Berat material pembentuk panel FRP Sandwich pada lambung dasar





Gambar 5.7.b : Berat material pembentuk panel FRP Sandwich pada lambung sisi

Dari gambar 5.7.a dan gambar 5.7.b terlihat bahwa berat material pembentuk Panel FRP Sandwich pada lambung sangat dipengaruhi oleh variasi laminate kulit FRP, ketebalan lapisan inti dan grade lapisan inti. Makin tebal dan tinggi grade lapisan inti maka Panel FRP Sandwich makin berat.

Dari perhitungan biaya dan berat material Panel FRP Sandwich dapat kita bandingkan biaya termurah pada variasi laminate serat woven roving (WR), serat

triaxial (ETM) serta gabungan serat woven roving - serat triaxial untuk lambung kapal cepat yang kita tinjau

lapisan inti divinycell H 80 GS	WR E-F	ETM D-G	WR - ETM D-F
biaya lambung sisi (Rp)	3997549.09	3286374.55	3361210.91
biaya lambung dasar (Rp)	5829759.09	5545304.55	5654440.91
total total lambung (Rp)	9827308.18	8831679.1	9015651.82

tabel 5.1 : perhitungan biaya material Panel FRP Sandwich

lapisan inti divinycell H 80 GS	WR E-F	ETM D-G	WR - ETM D-F
berat lambung sisi (kg)	321.842	244.65	269.0909
berat lambung dasar (kg)	469.354	387.90	423.5354
total berat lambung (kg)	791.196	632.55	692.6263

tabel 5.2 : perhitungan berat Panel FRP Sandwich

Dari tabel 5.1 dan tabel 5.2 dapat kita bandingkan biaya dan berat Panel FRP Sandwich serat triaxial dari serat woven roving pada lambung kapal cepat yang ditinjau sebagai berikut :

- pengurangan biaya material sebesar

$$\frac{9827308.18 - 8831679.1}{9827308.18} * 100 \% = 10.13 \%$$

jadi biaya Panel FRP Sandwich dengan serat triaxial lebih murah 10.13 %

- pengurangan berat material sebesar

$$\frac{791.196 - 632.55}{791.196} * 100 \% = 20.05 \%$$

jadi berat Panel FRP Sandwich dengan serat triaxial lebih ringan 20.05 %

BAB VI

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tarik dan perhitungan kekuatan struktur laminate kulit Panel FRP Sandwich terdiri dari :

- Laminate kulit dengan serat penguat Woven Roving.
- Laminate kulit dengan serat penguat Triaxial.
- Laminate kulit dengan gabungan serat penguat Woven Roving dan serat Triaxial.

yang digunakan untuk lambung kapal cepat KPLP 12 m dengan kecepatan 35 knots dapat kita simpulkan bahwa :

1. Kekuatan tarik dari laminate kulit FRP Sandwich yang menggunakan serat penguat Triaxial lebih tinggi dibandingkan dengan laminate kulit yang menggunakan serat penguat Woven Roving.
2. Modulus Elastisitas dari laminate kulit FRP Sandwich yang menggunakan serat penguat Triaxial lebih tinggi dibandingkan dengan laminate kulit yang menggunakan serat penguat Woven Roving.
3. Tegangan normal, tegangan geser dan defleksi sangat dipengaruhi oleh ketebalan laminate kulit dan ketebalan laipsan inti, makin tebal Panel FRP Sandwich tegangan dan defleksi makin kecil.
4. Pada ketebalan yang relatif sama defleksi pada Panel FRP Sandwich yang menggunakan serat triaxial lebih kecil dibandingkan serat woven roving.

5. Variasi berbagai laminate kulit memberikan gambaran pengaruh dari setiap komposisi material pembentuk Panel FRP Sandwich terhadap berat, harga dan kekuatan strukturnya, sehingga dapat membantu perencana dalam mempertimbangkan pilihannya.
6. Dengan pertimbangan kekuatan struktur yang lebih tinggi, adanya pengurangan berat serta pengurangan biaya material maka laminate kulit Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) yang menggunakan serat Triaxial sangat baik digunakan pada kapal cepat khususnya yang memerlukan konstruksi kuat dan ringan dalam hal ini jenis Planning Craft dan High Speed Light Craft.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Bureau Of Shipping, Section 2.33 " Fiber-Reinforced Plastic (FRP) " High Speed Craft, October 1990.
2. Det Norske Veritas, Norway
 - Part 5 Chapter 6, " Patrol Boats ", High Speed And Light Craft, January 1995
 - Part 1 Chapter 1, " General Regulations ", High Speed And Light Craft, January 1993
 - Part 2 Chapter 4, " Fibre Composite And Sandwich Materials ", High Speed And Light Craft, January 1991.
 - Part 3 Chapter 1, " Design Principles, Design Loads ", High Speed And Light Craft, January 1993.
 - Part 3 Chapter 4, " Hull Structural Design, Fibre Composite And Sandwich Constuctions ", High Speed And Light Craft, January 1991.
3. Bergan, P.G. , Buene Leif. , Echtermeyer, A.T. and Hayman Brian, " Assement of FRP Sandwich Structures for Marine Aplications", Det Norske Veritas, Hovik, Norway, Marine Stuctures 7 (1994) page 457 - 473
4. Justus Sakti Raya Corporation, P.T. , " Pengenalan Fiber Glass Reinforced Plastics (FRP) " , Technical Information, Jakarta - Indonesia
5. Slater, J.E. " Selection of Blast-Resistant GRP Composite Panel Design for Naval Ship Structures ", Canada TIA, Marine Structures 7 (1994) page 417 - 440

6. Chalmers, D.W , “ The Potensial for the Use of Composite Materials in Marine Struktures”, Dorset UK, Marine Structure 7 (1994) page 441 - 456
7. Wiley, Jack ,” The Fiberglass Repair and Construction Handbook “, United States of America (1982)
8. Widjanarko, W. ,” Analisa Pengaruh Sudut Orientasi Serat Penguat terhadap Sifat Mekanik Komposit dengan Material Pembentuk Serat Gelas dan Resin Poliester “, Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin ITS 1995 hal 13 - 16
9. Gibson, R.F. , “ Principles of Composite Material Mechanics “, McGraw-Hill, Book Co. - Singapore (1994)
10. D 3039 M - 93, “Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials ”, *ASTM standars and Literature References for Composite Materials*, American Society For Testing and Materials, Philadelophia, PA (1994)



Divinycell H grade.

THE ULTIMATE CORE FOR SANDWICH CONSTRUCTION.

Divinycell has a unique position in the international composite market as a core material in multifunctional sandwich constructions. The Divinycell H grade in this folder is used in a wide range of applications where there is a need for a strong, lightweight construction material with excellent mechanical characteristics.

Divinycell is widely used and is found in e.g. helicopter rotor blades, pleasure craft, ship hulls and truck bodies. Divinycell H grade is available in a range of densities as standard sheets or fabricated to customer specification.

*Divinycell H Sandwich Core Material.
Average physical properties.*

Quality		H 30	H 45	H 60	H 80	H 100	H 130	H 160	H 200	H 250
Density ASTM D 1622	kg/m ³	36	48	60	80	100	130	160	200	250
	lb/ft ³	2.3	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.4	15.6
Compressive strength* ASTM D 1621	Mpa +22°C	0.3	0.6	0.8	1.2	1.7	2.5	3.4	4.4	5.8
	psi +72°F	45	80	115	175	245	360	500	640	840
Compressive modulus* ASTM D 1621 procedure B	Mpa +22°C	20	40	60	85	125	175	230	310	400
	psi +72°F	2 900	5 800	8 700	12 325	18 125	25 375	33 350	44 950	58 000
Tensile strength* ASTM D 1623	Mpa +22°C	0.9	1.3	1.6	2.2	3.1	4.2	5.1	6.4	8.8
	psi +72°F	130	190	230	320	450	610	740	930	1 275
Tensile modulus* ASTM D 1623	Mpa +22°C	28	42	56	80	105	140	170	230	300
	psi +72°F	4 060	6 090	8 120	11 600	15 225	20 300	24 650	33 350	43 500
Tensile strength** ISO 1926	Mpa +22°C	0.8	1.2	1.5	2.0	2.4	3.0	3.9	4.8	6.4
	psi +72°F	115	170	215	290	350	430	560	690	920
Shear strength** ASTM C 273	Mpa +22°C	0.35	0.5	0.7	1.0	1.4	2.0	2.6	3.3	4.5
	psi +72°F	50	70	100	145	200	290	380	480	650
Shear modulus** ASTM C 273	Mpa +22°C	13	18	22	31	40	52	66	85	108
	psi +72°F	1 885	2 610	3 190	4 495	5 800	7 540	9 570	12 325	15 660

* = perpendicular to the plane.

**= parallel to the plane.

Continuous operating temperature range: -200°C – +70°C (-325°F – +160°F)

Maximum processing temperature: +80°C (+176°F)

Coefficient of linear expansion ASTM D 696: Approx. $35 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ($2 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{F}$)

Poissons ratio: 0.32

Data and recommendations for Divinycell are derived from tests and experience but are given without liability to the company.



The Divinycell H grade has all the properties expected of a high-performance, lightweight construction material. It is a partially cross-linked, structural cellular material expanded according to a CFC free process.

High ductility and resilience give excellent dynamic behaviour under shock and impact. Compatibility with a wide range of matrix materials, low water absorption, self-extinguishing and exceptionally good thermoforming properties are other basic features.

Product development continually improves the critical functions of the ranges of Divinycell grades. Our molecular engineers have achieved a number of highly specialized grades:

- Divinycell HCP, with its high Hydraulic Crush Point, is used in various subsea applications.
- Divinycell HT is formulated to suit various prepreg systems and to be compatible with the high process temperatures involved.
- Divinycell FRG has low toxic gas emission for applications where combustion products are confined.
- Divinycell IPN insulation materials exhibits low water vapour permeability for extreme cold to hot environments.
- Divinycell SPI insulation materials have good ageing properties at high temperatures and hydrostatic pressures.

Detailed information on these special grades of Divinycell is available upon request.

All Divinycell grades are developed and produced in compliance with the Quality Assurance Requirements specified in the AQAP and in the ISO 9000 standards.

BARRACUDA TECHNOLOGIES – AN INTERNATIONAL MARKET LEADER.

BARRACUDA Technologies develop and sell products and services based on advanced polymer and composite technologies.

Over twenty years of experience together with continuous research and development have made us an international market leader, with Divinycell as the prime element in multifunctional sandwich constructions.

Our philosophy is to supply our customers with structural cores for sandwich construction of the highest quality. We strive for excellence – not only in the materials but also in technical assistance and documentation. Long-term involvement enables us to give strong support to our customers whenever and wherever needed.

APPROVED BY



ABS

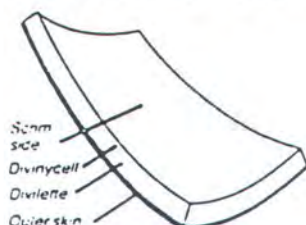
GERMANISCHER LLOYD, HAMBURG
LLOYD'S REGISTER, LONDON
NIPPON KAIJI KYOKAI, TOKYO
BUREAU VERITAS, PARIS
DET NORSKE VERITAS, OSLO
KOREAN REGISTER OF SHIPPING, SEOUL
AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, PARAMUS

DIVILETTE® 600

DIVILETTE 600 is a sprayable polyester based bonding adhesive which contains microspheres of plastic and has an identifiable blue colour for quality control purposes. So-called syntactic foam.

Technical properties of DIVILETTE 600		Test values of the DIVILETTE 600 joint	
Density (ISO 2811)	approx. 37.5 lb/ft ³ (600 kg/m ³)		psi (MPa)
Viscosity [ICI, cone and plate, 77°F (23°C)]	0.333 lb/(ft.s) (500 cP)	Shear strength of DIVILETTE 600 bonded to DIVINYCELL H80 (ISO 922-1972)	245 (1.7)
Gel time at 77°F (23°C) and 1.5% catalyst (50% MEKP) on weight of DIVILETTE 600 i.e. 24 cc per 1 US gallon or 6.5 ml per 1 litre	30 min	Shear strength of DIVILETTE 600 bonded to laminates of glass fibre reinforced polyester (ISO 922-1972)	435 (3.0)
Mechanical properties of cured DIVILETTE 600		Tensile strength (ASTM C297-61) of DIVILETTE 600 between two sheets of DIVINYCELL H80, before and after 28 days in salt water [DIN 50906 at 104°F (40°C)]	
Tensile strength (ISO 1926)	1450 psi (10 MPa)		psi (MPa)
Elongation at break (ISO 1926)	3 %	before	325 (2.3)
Tensile modulus (ISO 1926)	145000 psi (1000 MPa)	after	254 (1.8)
Water absorption (ISO R52)	0.0029 oz (80 mg)		
Linear shrinkage (ASTM D2556)	1.2 %	Tensile strength (ASTM C297-61) of DIVILETTE 600 between laminates of glass fibre reinforced polyester, before and after 26 days in salt water [DIN 50906 at 104°F (40°C)]	before 1313 (9.3) after 593 (4.2)

DIVILETTE 600 ASSURES A GOOD BOND



A critical part of making sandwich hulls in a female mould has always been the difficulty of verifying the bonding between the outer skin and the core. Not any more! Now you have Divilette 600, which can be troweled or sprayed on the outer skin (wet or cured) before applying the Divinycell core. Divilette 600 has an identifiable blue colour for quality control purposes. When vibra-

led with a special vibrator roller, Divilette easily penetrates up and into the cuts in the Divinycell sheets. When you observe a uniform blue chequered pattern over the entire Divinycell surface you can be sure that all cuts are filled and you will obtain an excellent bond. The System is very flexible and can be adapted to either large or small scale production.

Data and recommendations for Divilete are derived from tests and experience but are given without liability to the company.

Conversion of American measures to metric measures

1 inch (in)	= 25.4 mm
1 foot (ft)	= 304.8 mm
1 pound (lb)	= 0.454 kilogram (kg)
1 ounce (oz)	= 28.35 gram (g)
1 US gallon (gal)	= 3.79 liter (l)
1 lbf/sq in (psi)	= 0.00689 MPa

Quantity of Divilette coating/Divinycell thickness.

Divinycell thickness in (mm)		Quantity Divilette 600 Coating thickness in (mm)	
0.40 (10)	1.00 (25)	0.06 (1.5)	0.14 (3.5)
0.47 (12)	1.20 (30)	0.08 (2.0)	0.16 (4.0)
0.60 (15)	1.40 (35)	0.10 (2.5)	0.20 (5.0)
0.80 (20)	1.60 (40)	0.12 (3.0)	0.24 (6.0)

Note: A coating thickness of 0.039 in gives 0.264 US gallon/gall/yd². (1 mm gives one litre/m²)
These are guide values only. Consumption is larger for curved or uneven laminates.

SWEDEN (HEAD OFFICE)

BARRACUDA Technologies AB
Box 291
S-312 22 LÄHOLM
Tel (46) 430-128 00
Telex 814 50 19
Fax (46) 430-136 89



NORWAY

BARRACUDA Technologies A/S
Postboks 228
N-1364 HVALSTAD
Tel (47) 2-98 19 30
Fax (47) 2-84 64 14

DENMARK

BARRACUDA Technologies ApS
Postboks 211
DK-2605 BRØNDØY
Tel (45) 42 63 18 44
Fax (45) 42 96 82 52

FINLAND

BARRACUDA Technologies OY
P. Box 2
SF-04501 KELLOKOJKI
Tel (358) 0-28 26 60
Fax (358) 0-28 26 16

WEST GERMANY

BARRACUDA Technologies GmbH
Am Bahndamm 23
D-3000 HANNOVER 91
Tel (49) 511-48 20 91
Tlx 9230161
Fax (49) 511-48 20 94

GREAT BRITAIN

BARRACUDA Technologies Ltd.
1, Eastville Close
GLOUCESTER GL4 7SJ
Tel (44) 452-50 18 60
Fax (44) 452-30 70 31

USA

BARRACUDA Technologies Inc.
315 Sea Hawk Drive
DESBORO, Texas 75115
Tel (1) 214-224 84 41
Tlx 98 94 20
Fax (1) 214-228 26 67

AUSTRALIA

BARRACUDA Technologies Pty. Ltd
P.O. Box 535
CASTLE HILL, N.S.W. 2154
Tel (61) 2-680 33 88
Tlx 74556
Fax (61) 2-634 24 60
A.C.N. 002 555 213

FRANCE

BARRACUDA Technologies S.A.
18, Allen des Missions
Safic 420
F-94263 FRESNES CEDEX
Tel (33) 1-46 68 56 55
Tlx 632329
Fax (33) 1-49 84 00 07

Spesimen A : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	F (N)	σ (M Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	4.6	69	7950	115.22	Konfigurasi serat : Woven Roving
2	15	4.6	69	8150	118.12	
3	15	4.6	69	8000	115.94	
4	15	4.6	69	8200	118.84	
5	15	4.6	69	8350	121.01	
				F rata rata = 8130 N		σ rata rata = 117.826 MPa

Spesimen B : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	F (N)	σ (M Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	3.6	54	9200	170.37	Konfigurasi serat : Triaxial
2	15	3.6	54	9350	173.15	
3	15	3.6	54	9200	170.37	
4	15	3.6	54	9100	168.52	
5	15	3.6	54	9200	170.37	
				F _{rata rata} = 9210 N		σ _{rata rata} = 170.556

Spesimen C : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	F (N)	σ (M Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	3.85	57.75	7000	121.21	Konfigurasi serat : Woven Roving
2	15	3.85	57.75	7250	125.54	
3	15	3.85	57.75	7100	122.94	
4	15	3.85	57.75	7000	121.21	
5	15	3.85	57.75	7150	123.81	
				F _{rata rata} = 7100 N		σ _{rata rata} = 122.942

Spesimen D : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	F (N)	σ (M Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	2.6	39	9050	232.05	Konfigurasi serat : Triaxial
2	15	2.6	39	9200	235.90	
3	15	2.6	39	9250	237.18	
4	15	2.6	39	9100	233.33	
5	15	2.6	39	9150	234.62	
				F rata rata = 9150 N		σ rata rata = 234.616

Spesimen E : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	F (N)	σ (M Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	3.7	55.5	6950	125.23	Konfigurasi serat : Woven Roving
2	15	3.7	55.5	6900	124.32	
3	15	3.7	55.5	7100	127.93	
4	15	3.7	55.5	6950	125.23	
5	15	3.7	55.5	7000	126.13	
				F rata rata = 6980 N		σ rata rata = 125.768

Spesimen F : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Spesimen 1 : Konfigurasi serat pengikat yaitu serat Woven Roving						
No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	F (N)	σ (M Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	2.85	42.75	6900	161.40	Konfigurasi serat : Woven Roving
2	15	2.85	42.75	6800	159.06	
3	15	2.85	42.75	6750	157.89	
4	15	2.85	42.75	6800	159.06	
5	15	2.85	42.75	6950	162.57	
				F rata rata = 6840 N		σ rata rata = 159.996

Spesimen G : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm ²)	F (N)	σ (M Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	2.15	32.25	8000	248.06	Konfigurasi serat : Triaxial
2	15	2.15	32.25	7950	246.51	
3	15	2.15	32.25	8100	251.16	
4	15	2.15	32.25	8000	248.06	
5	15	2.15	32.25	8100	251.16	
				F _{rata rata} = 8030 N		σ _{rata rata} = 248.99

Spesimen A : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	F (N)	E (G Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	4.6	4.5	7950	1.536	Konfigurasi serat : Woven Roving Panjang daerah uji 60 mm
2	15	4.6	4.5	8150	1.575	
3	15	4.6	4.5	8000	1.546	
4	15	4.6	4.5	8200	1.584	
5	15	4.6	4.5	8350	1.613	
				$F_{rata\ rata} = 8130\text{ N}$		$E_{rata\ rata} = 1.5706\text{ G Pa}$

Spesimen B : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Spesimen D : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial						
No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	F (N)	E (G Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	3.6	5	9200	2.044	Konfigurasi serat : Triaxial Panjang daerah uji 60 mm
2	15	3.6	5	9350	2.078	
3	15	3.6	5	9200	2.044	
4	15	3.6	5	9100	2.022	
5	15	3.6	5	9200	2.044	
				F rata rata = 9210 N		E rata rata = 2.0464 G Pa

Spesimen C : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	F (N)	E (G Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	3.85	4.5	7000	1.616	Konfigurasi serat : Woven Roving Panjang daerah uji 60 mm
2	15	3.85	4.5	7250	1.674	
3	15	3.85	4.5	7100	1.639	
4	15	3.85	4.5	7000	1.616	
5	15	3.85	4.5	7150	1.651	
				F rata rata = 7100 N		E rata rata = 1.639 G Pa

Spesimen D : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	F (N)	E (G Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	2.6	5	9050	2.7846	Konfigurasi serat : Triaxial Panjang daerah uji 60 mm
2	15	2.6	5	9200	2.8308	
3	15	2.6	5	9250	2.8461	
4	15	2.6	5	9100	2.8000	
5	15	2.6	5	9150	2.8154	
				$F_{rata\ rata} = 9150\text{ N}$	$E_{rata\ rata} = 2.8154\text{ G Pa}$	

Spesimen E : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	F (N)	E (G Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	3.7	4.5	6950	1.6697	Konfigurasi serat : Woven Roving Panjang daerah uji 60 mm
2	15	3.7	4.5	6900	1.6577	
3	15	3.7	4.5	7100	1.7057	
4	15	3.7	4.5	6950	1.6697	
5	15	3.7	4.5	7000	1.6817	
				F rata rata = 6980 N		E rata rata= 1.6769 G Pa

Spesimen F : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Spesimen 1 : konfigurasi serat penguat yaitu serat woven roving						
No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	F (N)	E (G Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	2.85	4.5	6900	2.1510	Konfigurasi serat : Woven Roving Panjang daerah uji 60 mm
2	15	2.85	4.5	6800	2.1208	
3	15	2.85	4.5	6750	2.1053	
4	15	2.85	4.5	6800	2.1208	
5	15	2.85	4.5	6950	2.1676	
				$F_{rata\ rata} = 6840\text{ N}$	$E_{rata\ rata} = 2.1333\text{ G Pa}$	

Spesimen G : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

No Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	F (N)	E (G Pa)	Keterangan Spesimen Uji
1	15	2.15	5	8000	2.977	Konfigurasi serat : Triaxial Panjang daerah uji 60 mm
2	15	2.15	5	7950	2.958	
3	15	2.15	5	8100	3.014	
4	15	2.15	5	8000	2.977	
5	15	2.15	5	8100	3.014	
				F rata rata = 8030 N		E rata rata = 2.988 G Pa

Spesimen A : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Fraksi Volume		Nilai Angka Poisson dari perhitungan $v = V_m * v_m + V_f * v_f$
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	
Mat 450	25 %	75 %	0.14	0.86	$v_m = 0.36$
WR 400	50 %	50 %	0.33	0.67	$v_f = 0.20$
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	$v = 0.322$
WR 800	50 %	50 %	0.32	0.68	
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	
Fraksi volume rata rata			0.236	0.764	$v_{laminat} = 0.322$

Spesimen B : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Fraksi Volume		Nilai Angka Poisson dari perhitungan $v = V_m * v_m + V_f * v_f$
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	
Mat 300	25 %	75 %	0.14	0.86	$v_m = 0.36$
Mat 300	33 %	67 %	0.19	0.81	$v_f = 0.20$
ETM 1200	50 %	50 %	0.32	0.68	$v = 0.3264$
Mat 300	33 %	67 %	0.19	0.81	
Fraksi volume rata rata			0.21	0.79	$v_{laminat} = 0.3264$

Spesimen C : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Fraksi Volume		Nilai Angka Poisson dari perhitungan $v = V_m * v_m + V_f * v_f$
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	$v_m = 0.36$
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	$v_f = 0.20$
WR 800	50 %	50 %	0.32	0.68	$v = 0.3237$
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	
Fraksi volume rata rata			0.227	0.773	$v_{laminat} = 0.3237$

Spesimen D : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Fraksi Volume		Nilai Angka Poisson dari perhitungan $v = V_m * v_m + V_f * v_f$
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	
Mat 300	33 %	67 %	0.19	0.81	$v_m = 0.36$
ETM 1200	50 %	50 %	0.32	0.68	$v_f = 0.20$
Mat 300	33 %	67 %	0.19	0.81	$v = 0.3227$
Fraksi volume rata rata			0.233	0.767	$v_{laminat} = 0.3227$

Spesimen E : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Fraksi Volume		Nilai Angka Poisson dari perhitungan $v = V_m * v_m + V_f * v_f$
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	
Mat 300	25 %	75 %	0.14	0.86	$v_m = 0.36$
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	$v_f = 0.20$
WR 800	50 %	50 %	0.32	0.68	$v = 0.3259$
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	
Fraksi volume rata rata			0.213	0.787	$v_{laminat} = 0.3259$

Spesimen F : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Fraksi Volume		Nilai Angka Poisson dari perhitungan $v = V_m * v_m + V_f * v_f$
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	$v_m = 0.36$
WR 800	50 %	50 %	0.32	0.68	$v_f = 0.20$
Mat 450	33 %	67 %	0.196	0.804	$v = 0.3221$
Fraksi volume rata rata			0.237	0.763	$v_{laminat} = 0.3221$

Spesimen G : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Fraksi Volume		Nilai Angka Poisson dari perhitungan $v = V_m * v_m + V_f * v_f$
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	
Mat 300	33 %	67 %	0.19	0.81	$v = 0.3192$
ETM 1200	50 %	50 %	0.32	0.68	
Fraksi volume rata rata			0.255	0.745	$v_{laminat} = 0.3192$

Spesimen A : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Perhitungan teoritis tebal material (mm)			Perhitungan faktual tebal laminate (mm) dari spesimen
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	lamina	
Mat 450	25 %	75 %	0.18	1.1	1.28	
WR 400	50 %	50 %	0.16	0.33	0.49	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
WR 800	50 %	50 %	0.31	0.65	0.96	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
Total tebal laminate kulit			4.57			4.6

Spesimen B : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Perhitungan teoritis tebal material (mm)			Perhitungan faktual tebal laminate (mm) dari spesimen
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	lamina	
Mat 300	25 %	75 %	0.12	0.73	0.85	
Mat 300	33 %	67 %	0.12	0.5	0.62	
ETM 1200	50 %	50 %	0.47	0.98	1.45	
Mat 300	33 %	67 %	0.12	0.5	0.62	
Total tebal laminate kulit			3.54			3.6

Spesimen C : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Perhitungan teoritis tebal material (mm)			Perhitungan faktual tebal laminate (mm) dari spesimen
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	lamina	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
WR 800	50 %	50 %	0.31	0.65	0.96	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
Total tebal laminate kulit			3.72			3.85

Spesimen D : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Perhitungan teoritis tebal material (mm)			Perhitungan faktual tebal laminate (mm) dari spesimen
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	lamina	
Mat 300	33 %	67 %	0.12	0.5	0.62	
ETM 1200	50 %	50 %	0.47	0.98	1.45	
Mat 300	33 %	67 %	0.12	0.5	0.62	
Total tebal laminate kulit			2.69			2.6

Spesimen E : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Perhitungan teoritis tebal material (mm)			Perhitungan faktual tebal laminate (mm) dari spesimen
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	lamina	
Mat 300	25 %	75 %	0.12	0.73	0.85	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
WR 800	50 %	50 %	0.31	0.65	0.96	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
Total tebal laminate kulit			3.65			3.7

Spesimen F : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Perhitungan teoritis tebal material (mm)			Perhitungan faktual tebal laminate (mm) dari spesimen
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	lamina	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
WR 800	50 %	50 %	0.31	0.65	0.96	
Mat 450	33 %	67 %	0.18	0.74	0.92	
Total tebal laminate kulit			2.8			2.85

Spesimen G : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Material (jenis fiber)	Fraksi berat		Perhitungan teoritis tebal material (mm)			Perhitungan faktual tebal laminate (mm) dari spesimen
	Fiber	Resin	Fiber	Resin	lamina	
Mat 300	33 %	67 %	0.12	0.5	0.62	
ETM 1200	50 %	50 %	0.47	0.98	1.45	
Total tebal laminate kulit			2.07			2.15

Spesimen A : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Susunan laminate kulit FRP	Berat serat (kg / m ²)	Perhitungan komposisi	% berat serat menerus
Mat 450	0.45	$0.45+0.4+0.45+0.8+0.45 = 2.55$	(1.2 / 2.55) %
WR 400	0.40	berat serat total = 2.55 kg / m ²	47 %
Mat 450	0.45	$0.4+0.8 = 1.2$	syarat DNV
WR 800	0.80	berat serat menerus = 1.2 kg/m ²	minimal 40 %
Mat 400	0.45		terpenuhi

Spesimen B : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Susunan laminate kulit FRP	Berat serat (kg / m ²)	Perhitungan komposisi	% berat serat menerus
Mat 300	0.3	$0.3+0.3+1.2+0.3 = 2.1$	(1.2 / 2.1) %
Mat 300	0.3	berat serat total = 2.1 kg / m ²	57.1 %
ETM 1200	1.2		syarat DNV
Mat 300	0.3	berat serat menerus = 1.2 kg/m ²	minimal 40 %
			terpenuhi

Spesimen C : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Susunan laminate kulit FRP	Berat serat (kg / m ²)	Perhitungan komposisi	% berat serat menerus
Mat 450	0.45	$0.45+0.45+0.8+0.45 = 2.15$	(0.8 / 2.15) %
Mat 450	0.45	berat serat total = 2.15 kg / m ²	37.2 %
WR 800	0.80		syarat DNV
Mat 450	0.45	berat serat menerus = 0.8 kg/m ²	minimal 40 %
			tidak terpenuhi

Spesimen D : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Susunan laminate kulit FRP	Berat serat (kg / m ²)	Perhitungan komposisi	% berat serat menerus
Mat 300	0.3	$0.3+1.2+0.3 = 1.8$	(1.2 / 1.8) %
ETM 1200	1.2	berat serat total = 1.8 kg / m ²	66.67 %
Mat 300	0.3	berat serat menerus = 1.2 kg/m ²	syarat DNV
			minimal 40 %
			terpenuhi

Spesimen E : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Susunan laminate kulit FRP	Berat serat (kg / m ²)	Perhitungan komposisi	% berat serat menerus
Mat 300	0.30	$0.30+0.45+0.8+0.45 = 2.0$ berat serat total = 2.0 kg / m ² berat serat menerus = 0.8 kg/m ²	(0.8 / 2.0) %
Mat 450	0.45		40 %
WR 800	0.80		syarat DNV
Mat 450	0.45		minimal 40 % terpenuhi

Spesimen F : konfigurasi serat penguat yaitu serat Woven Roving

Susunan laminate kulit FRP	Berat serat (kg / m ²)	Perhitungan komposisi	% berat serat menerus
Mat 450	0.45	$0.45+0.8+0.45 = 1.7$ berat serat total = 1.7 kg / m ² berat serat menerus = 0.8 kg/m ²	(0.8 / 1.7) %
WR 800	0.80		47.1 %
Mat 450	0.45		syarat DNV minimal 40 % terpenuhi

Spesimen G : konfigurasi serat penguat yaitu serat Triaxial

Susunan laminate kulit FRP	Berat serat (kg / m ²)	Perhitungan komposisi	% berat serat menerus
Mat 300	0.3	$0.3+1.2 = 1.5$ berat serat total = 1.5 kg / m ² berat serat menerus = 1.2 kg/m ²	(1.2 / 1.5) %
ETM 1200	1.2		80 % syarat DNV minimal 40 % terpenuhi

Spesimen	Tipe Serat Penguat Menerus	Kekuatan Tarik (MPa)	Ketebalan DNV (mm)		Ketebalan faktual (mm)
			t ₀		
			1.5	1	
A	WR 800	117.826	2.881	2.298	4.6
B	ETM 1200	170.556	2.392	1.910	3.6
D	ETM 1200	234.942	2.040	1.627	2.6
E	WR 800	125.768	2.788	2.224	3.7
F	WR 800	159.996	2.472	1.972	2.85
G	ETM 1200	248.99	1.982	1.581	2.15

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-A Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ = 1570.6	M Pa	a = 1000	mm	C ₇ = 10.4	C ₃ = 0.45	C _N = 0.5047	C _S = 0.7
t ₁	4.6	mm	E ₂ = 1570.6	M Pa	b = 0.66	m	C ₈ = 0.288	C ₄ = 0.83	for shortest side	
t ₂	4.6	mm	E = 1570.6	M Pa	b = 660	mm	C ₁ = 0.93	C ₅ = 0.7	C _N = 0.3149	C _S = 0.83
ν =	0.322		b / a = 0.66		C ₆ = 7.8		C ₂ = 0.17	for longest side		

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			II.80GS (τ = 1 N/mm ²)			II.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			II.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit luar			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ_n shortest	σ_n longest	τ_c shortest	τ_c longest
1	15	19.6	4.2609	1548262	0.0577	6.943	0.0105	0.0447	6.6135	0.0100205	0.0344	6.3516	0.009624	90.16	7.221	4.5051	0.243917	0.289216
2	18	22.6	4.913	2058492	0.0666	5.3907	0.0082	0.0516	5.1049	0.0077347	0.0397	4.8778	0.007391	103.96	6.2625	3.9071	0.211539	0.250825
3	20	24.6	5.3478	2438948	0.0725	4.6446	0.007	0.0562	4.3821	0.0066395	0.0432	4.1734	0.006323	113.16	5.7533	3.5894	0.19434	0.230432
4	22	26.6	5.7826	2851646	0.0784	4.0536	0.0061	0.0607	3.8108	0.0057739	0.0467	3.6178	0.005482	122.36	5.3207	3.3195	0.179728	0.213107
5	25	29.6	6.4348	3531146	0.0872	3.3718	0.0051	0.0676	3.1536	0.0047782	0.052	2.9802	0.004515	136.16	4.7815	2.9831	0.161513	0.191508
6	30	34.6	7.5217	4824857	0.1019	2.5876	0.0039	0.079	2.4009	0.0036378	0.0608	2.2526	0.003413	159.16	4.0905	2.552	0.138173	0.163833

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

→ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No 3 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull bottom

→ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 4 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

→ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 4 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

→ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 4 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-E Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	1570.6	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.505	C _S =	0.7
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ =	1676.9	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	3.7	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3157	C _S =	0.83
v =	0.3237		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core		syarat DNV		H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit luar			maksimum pada core	
	Grade		d / t ₁ > 5.77		Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			maksimum pada kulit luar			(N / mm ²)	
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ _c shortest	τ _c longest
1	15	19.15	4.163	1829354	0.0698	6.1356	0.0093	0.0541	5.7984	0.0087854	0.0416	5.5303	0.008379	90.482	7.1995	4.5	0.249649	0.296012
2	18	22.15	4.8152	1829354	0.0604	5.9326	0.009	0.0468	5.641	0.008547	0.036	5.4093	0.008196	115.28	5.6507	3.5319	0.215836	0.25592
3	20	24.15	5.25	2174626	0.0658	5.0891	0.0077	0.051	4.8217	0.0073056	0.0392	4.6091	0.006984	133.48	4.8802	3.0503	0.197962	0.234726
4	22	26.15	5.6848	2549727	0.0713	4.4244	0.0067	0.0552	4.1774	0.0063294	0.0425	3.9811	0.006032	153.02	4.2572	2.6609	0.182821	0.216774
5	25	29.15	6.337	3168308	0.0794	3.6619	0.0055	0.0616	3.4403	0.0052126	0.0474	3.2642	0.004946	184.82	3.5247	2.2031	0.164006	0.194464
6	30	34.15	7.4239	4348422	0.0931	2.7911	0.0042	0.0721	2.602	0.0039425	0.0555	2.4517	0.003715	244.48	2.6645	1.6654	0.139993	0.165992

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull bottom

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-F Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	1570.6	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.505	C _s =	0.7
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ =	2133.3	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	2.85	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3157	C _s =	0.83
ν	0.3237		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit luar			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ _c shortest	τ _c longest
1	15	18.725	4.0707	1740632	0.0679	6.406	0.0097	0.0527	6.0611	0.0091834	0.0405	5.7869	0.008768	84	7.7549	4.8472	0.255315	0.3027308
2	18	21.725	4.7228	1740632	0.0586	6.1943	0.0094	0.0454	5.897	0.0089349	0.0349	5.6608	0.008577	107.95	6.0344	3.7718	0.220059	0.2609268
3	20	23.725	5.1576	2075868	0.064	5.2959	0.008	0.0496	5.0237	0.0076117	0.0381	4.8074	0.007284	125.58	5.1871	3.2422	0.201508	0.2389308
4	22	25.725	5.5924	2440608	0.0693	4.5912	0.007	0.0537	4.3402	0.006576	0.0413	4.1406	0.006274	144.55	4.5065	2.8168	0.185842	0.2203551
5	25	28.725	6.2446	3043038	0.0774	3.7867	0.0057	0.06	3.5618	0.0053967	0.0462	3.3831	0.005126	175.5	3.7118	2.32	0.166433	0.1973415
6	30	33.725	7.3315	4194607	0.0909	2.8733	0.0044	0.0705	2.6818	0.0040633	0.0542	2.5296	0.003833	233.75	2.7868	1.7419	0.141758	0.168084

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

➢ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull bottom

➢ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 5 dan No. 6 memenuhi syarat DNV

➢ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

➢ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif E-E Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5054	C _s =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	1676.9	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	3.7	mm	E =	1676.9	M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3167	C _s =	0.83
v =	0.3259		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core		syarat DNV		H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit luar			maksimum pada core	
	Grade		d / t ₁ > 5.77		Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c	d	d / t ₁	D ₂	ρ	w	w / b	ρ	w	w / b	ρ	w	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ _c shortest	τ _c longest
1	15	18.7	5.0541	1213744	0.0474	8.5234	0.0129	0.0368	8.1781	0.0123911	0.0283	7.9036	0.011975	69.19	9.4219	5.9032	0.255656	0.303136
2	18	21.7	5.8649	1634418	0.055	6.5125	0.0099	0.0427	6.2149	0.0094165	0.0328	5.9783	0.009058	80.29	8.1193	5.0871	0.220312	0.261227
3	20	23.7	6.4054	1949577	0.0601	5.5619	0.0084	0.0466	5.2894	0.0080143	0.0358	5.0728	0.007686	87.69	7.4342	4.6578	0.201721	0.239183
4	22	25.7	6.9459	2292504	0.0652	4.8168	0.0073	0.0505	4.5656	0.0069175	0.0389	4.3658	0.006615	95.09	6.8556	4.2953	0.186022	0.220569
5	25	28.7	7.7568	2858957	0.0728	3.967	0.006	0.0564	3.742	0.0056697	0.0434	3.5631	0.005399	106.19	6.139	3.8463	0.166578	0.197513
6	30	33.7	9.1081	3941882	0.0855	3.0035	0.0046	0.0663	2.8119	0.0042605	0.051	2.6596	0.00403	124.69	5.2282	3.2757	0.141863	0.168209

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull bottom

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 37.7304 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen E (125.768 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif E-F Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.505	C _S =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	2133.3	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	2.85	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3157	C _S =	0.83
v =	0.3237		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core		syarat DNV		H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit luar			maksimum pada core	
	Grade		d / t ₁ > 5.77		Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c	d	d / t ₁	D ₂	ρ	w	w / b	ρ	w	w / b	ρ	w	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ _c shortest	τ _c longest
1	15	18.275	4.9392	1552604	0.0621	7.0339	0.0107	0.0481	6.6805	0.010122	0.037	6.3996	0.0097	77.4	8.4162	5.2605	0.2616	0.3101852
2	18	21.275	5.75	1552604	0.0533	6.8124	0.0103	0.0413	6.5089	0.0098619	0.0318	6.2676	0.0095	100.45	6.485	4.0534	0.22471	0.2664458
3	20	23.275	6.2905	1858236	0.0584	5.7979	0.0088	0.0452	5.5204	0.0083643	0.0348	5.2999	0.008	117.48	5.5448	3.4657	0.2054	0.2435504
4	22	25.275	6.8311	2191310	0.0634	5.0065	0.0076	0.0491	4.751	0.0071985	0.0378	4.5479	0.0069	135.85	4.7951	2.9972	0.18915	0.2242783
5	25	28.275	7.6419	2742375	0.0709	4.1082	0.0062	0.0549	3.8798	0.0058784	0.0423	3.6982	0.0056	165.9	3.9266	2.4543	0.16908	0.2004822
6	30	33.275	8.9932	3798024	0.0834	3.0959	0.0047	0.0647	2.9018	0.0043967	0.0497	2.7476	0.0042	222.65	2.9257	1.8287	0.14367	0.1703572

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 dan No 2 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull bottom

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 3 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 37.73 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen E (125.768 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif B-B Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	2046.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5055	C _S =	0.7
t ₁ =	3.6	mm	E ₂ =	2046.4	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest			
t ₂ =	3.6	mm	E =	2046.4	M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3169	C _S =	0.83
v =	0.3264		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	18.6	5.1667	1426305	0.056	7.4902	0.0113	0.0434	7.143	0.0108227	0.0334	6.867	0.010405	66.96	9.7373	6.1041	0.257031	0.304765
2	18	21.6	6	1923508	0.0651	5.7386	0.0087	0.0504	5.4396	0.0082419	0.0388	5.202	0.007882	77.76	8.3849	5.2563	0.221332	0.262437
3	20	23.6	6.5556	2296204	0.0711	4.9103	0.0074	0.0551	4.6366	0.0070252	0.0424	4.4191	0.006696	84.96	7.6743	4.8109	0.202575	0.240196
4	22	25.6	7.1111	2701882	0.0771	4.2606	0.0065	0.0598	4.0083	0.0060732	0.046	3.8078	0.005769	92.16	7.0748	4.435	0.186749	0.221431
5	25	28.6	7.9444	3372240	0.0862	3.5189	0.0053	0.0668	3.2931	0.0049896	0.0514	3.1136	0.004718	102.96	6.3327	3.9698	0.16716	0.198204
6	30	33.6	9.3333	4654414	0.1012	2.6767	0.0041	0.0785	2.4845	0.0037643	0.0604	2.3317	0.003533	120.96	5.3903	3.3791	0.142285	0.168709

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV maka selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit Hull Bottom

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

- Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 51.1668 N / mm²)σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 170.556 M Pa (170.556 N / mm²)> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τmaka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen B (170.556 N / mm²)σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif B-D Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	2046.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _s =	0.7
t ₁ =	3.6	mm	E ₂ =	2815.4	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	2.6	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _s =	0.83
v =	0.3227		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			II.80GS (τ = 1 N/mm ²)			II.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			II.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ_n shortest	σ_n longest	τ_c shortest	τ_c longest
1	15	18.1	5.0278	1824709	0.0737	6.2343	0.0094	0.0571	5.8776	0.0089054	0.0439	5.594	0.008476	74.907	8.6935	5.4279	0.264131	0.313184
2	18	21.1	5.8611	1824709	0.0632	6.0089	0.0091	0.049	5.7028	0.0086406	0.0377	5.4595	0.008272	97.607	6.6717	4.1655	0.226577	0.268656
3	20	23.1	6.4167	2187019	0.0692	5.121	0.0078	0.0536	4.8414	0.0073355	0.0413	4.6192	0.006999	114.41	5.692	3.5539	0.20696	0.245395
4	22	25.1	6.9722	2582118	0.0752	4.4285	0.0067	0.0583	4.1713	0.0063201	0.0448	3.9667	0.00601	132.54	4.9132	3.0676	0.190469	0.225842
5	25	28.1	7.8056	3236244	0.0842	3.6425	0.0055	0.0652	3.4126	0.0051707	0.0502	3.23	0.004894	162.24	4.0138	2.5061	0.170134	0.201731
6	30	33.1	9.1944	4490395	0.0992	2.7561	0.0042	0.0768	2.561	0.0038803	0.0591	2.4059	0.003645	218.41	2.9816	1.8616	0.144434	0.171258

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit Hull Bottom

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 51.1668 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 170.556 M Pa (170.556 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen B (170.556 N / mm²)

σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif B-G Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	2046.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _s =	0.7
t ₁ =	3.6	mm	E ₂ =	2988.8	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	2.15	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _s =	0.83
v =	0.3227		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			H.80 GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100 GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130 GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ_n shortest	σ_n longest	τ_c shortest	τ_c longest
1	15	17.875	4.9653	1669481	0.0683	6.6865	0.0101	0.0529	6.3253	0.0095837	0.0407	6.0381	0.009149	71.76	9.0746	5.6659	0.267456	0.3171264
2	18	20.875	5.7986	1669481	0.0585	6.4558	0.0098	0.0453	6.1464	0.0093127	0.0348	5.9005	0.00894	94.01	6.9269	4.3249	0.229019	0.2715513
3	20	22.875	6.3542	2004706	0.0641	5.4859	0.0083	0.0496	5.2036	0.0078843	0.0382	4.9792	0.007544	110.51	5.8927	3.6792	0.208996	0.2478092
4	22	24.875	6.9097	2370580	0.0697	4.732	0.0072	0.054	4.4724	0.0067764	0.0415	4.266	0.006464	128.34	5.0739	3.1679	0.192192	0.2278848
5	25	27.875	7.7431	2976858	0.0781	3.8791	0.0059	0.0605	3.6474	0.0055264	0.0465	3.4633	0.005247	157.59	4.1321	2.58	0.171508	0.2033591
6	30	32.875	9.1319	4140568	0.0921	2.9217	0.0044	0.0713	2.7252	0.0041291	0.0549	2.5691	0.003893	213.01	3.0571	1.9088	0.145423	0.1724299

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung dasar

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 51.1668 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 170.556 M Pa (170.556 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 1 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen B (170.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif D-D Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p	19.9	kN / m ²	E ₁ = 2815.4 M Pa	a = 1000 mm	C ₇ = 10.4	C ₃ = 0.45	C _N = 0.5049	C ₉ = 0.7
t ₁	2.6	mm	E ₂ = 2815.4 M Pa	b = 0.66 m	C ₈ = 0.288	C ₄ = 0.83	for shortest	
t ₂	2.6	mm	E = 2815.4 M Pa	b = 660 mm	C ₁ = 0.93	C ₅ = 0.7	C _N = 0.3152	C ₈ = 0.83
v	0.3227		b / a = 0.66	C ₆ = 7.8	C ₂ = 0.17		for longest	

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)							
		Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52										
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	17.6	6.7692	1265512	0.0526	8.3335	0.0126	0.0407	7.9666	0.0120706	0.0313	7.6749	0.011629	45.76	14.231	8.8851	0.271635	0.322082
2	18	20.6	7.9231	1733706	0.0615	6.2859	0.0095	0.0477	5.9724	0.0090491	0.0367	5.7232	0.008672	53.56	12.158	7.5912	0.232077	0.275176
3	20	22.6	8.6923	2086690	0.0675	5.335	0.0081	0.0523	5.0492	0.0076503	0.0402	4.8221	0.007306	58.76	11.082	6.9194	0.211539	0.250825
4	22	24.6	9.4615	2472357	0.0735	4.5976	0.007	0.0569	4.3351	0.0065683	0.0438	4.1264	0.006252	63.96	10.181	6.3569	0.19434	0.230432
5	25	27.6	10.615	3112140	0.0824	3.7655	0.0057	0.0639	3.5315	0.0053508	0.0491	3.3455	0.005069	71.76	9.0747	5.6659	0.173217	0.205385
6	30	32.6	12.538	4341864	0.0973	2.834	0.0043	0.0754	2.636	0.0039939	0.058	2.4785	0.003755	84.76	7.6829	4.7969	0.14665	0.173884

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No 6 memenuhi syarat DNV maka selanjutnya dipilih untuk laminate kulit Hull Bottom

- Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih sebagai laminate kulit hull bottom

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 70.4826 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 2.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 234.942 M Pa (234.942 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCEL.L produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen D (234.942 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif	D-G	Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar														
p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	2815.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5043	C _S =	0.7
t ₁ =	2.6	mm	E ₂ =	2988.8	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	2.15	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3136	C _S =	0.83
v =	0.3192		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)							
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ _c shortest	τ _c longest
1	15	17.375	6.6827	1581753	0.0665	7.0145	0.0106	0.0516	6.6429	0.0100649	0.0397	6.3474	0.0096	65.01	10.005	6.2229	0.27515	0.3262523
2	18	20.375	7.8365	1581753	0.0567	6.7713	0.0103	0.044	6.4544	0.0097793	0.0338	6.2024	0.0094	86.26	7.5403	4.6899	0.23464	0.2782152
3	20	22.375	8.6058	1907522	0.0623	5.7296	0.0087	0.0483	5.4409	0.0082438	0.0371	5.2115	0.0079	102.09	6.3709	3.9626	0.21367	0.2533468
4	22	24.375	9.375	2263772	0.0679	4.9245	0.0075	0.0526	4.6596	0.00706	0.0405	4.449	0.0067	119.26	5.4539	3.3922	0.19613	0.2325594
5	25	27.375	10.529	2855300	0.0762	4.0192	0.0061	0.0591	3.7833	0.0057323	0.0454	3.5958	0.0054	147.51	4.4094	2.7425	0.17464	0.2070734
6	30	32.375	12.452	3993586	0.0902	3.0105	0.0046	0.0699	2.8111	0.0042592	0.0537	2.6525	0.004	201.26	3.2318	2.0101	0.14767	0.175093

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s / d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 1 (H.80 & H.100 GS) dan No 2 (H.80 GS) tidak memenuhi syarat DNV

selanjutnya tidak dipilih sebagai laminate kulit hull bottom

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 1 s / d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 70.3848 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 2.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 234.616 M Pa (234.616 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 1 s / d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCEL.L produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen D (234.616 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-B Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ = 1570.6	M Pa	a = 1000	mm	C ₇ = 10.4	C ₃ = 0.45	C _N = 0.5055	C _s = 0.7
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ = 2046.4	M Pa	b = 0.66	m	C ₈ = 0.288	C ₄ = 0.83	for shortest side	
t ₂ =	3.6	mm	E =	M Pa	b = 660	mm	C ₁ = 0.93	C ₅ = 0.7	C _N = 0.3169	C _s = 0.83
v =	0.3264		b / a = 0.66		C ₆ = 7.8		C ₂ = 0.17		for longest side	

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit luar			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ_n shortest	σ_n longest	τ_c shortest	τ_c longest
1	15	19.1	4.1522	1993956	0.0763	5.7568	0.0087	0.0591	5.4186	0.00821	0.0455	5.1499	0.007803	89.707	7.2683	4.5563	0.250302	0.296787
2	18	22.1	4.8043	1993956	0.0659	5.5528	0.0084	0.0511	5.2605	0.007971	0.0393	5.0283	0.007619	114.41	5.6991	3.5726	0.216325	0.256499
3	20	24.1	5.2391	2371183	0.0719	4.7682	0.0072	0.0557	4.5003	0.006819	0.0429	4.2873	0.006496	132.54	4.9194	3.0838	0.198372	0.235213
4	22	26.1	5.6739	2781071	0.0779	4.1497	0.0063	0.0604	3.9023	0.005913	0.0464	3.7056	0.005615	152.01	4.2894	2.6889	0.183171	0.217189
5	25	29.1	6.3261	3457140	0.0868	3.4399	0.0052	0.0673	3.218	0.004876	0.0518	3.0416	0.004608	183.71	3.5492	2.2249	0.164288	0.194798
6	30	34.1	7.413	4747224	0.1018	2.6285	0.004	0.0789	2.4391	0.003696	0.0607	2.2886	0.003468	243.21	2.6809	1.6806	0.140199	0.166236

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull bottom

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 5 dan No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-D Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	1570.6	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _s =	0.7
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ =	2815.4	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest			
t ₂ =	2.6	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _s =	0.83
v =	0.3227		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core	syarat DNV			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
		c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)					
1	15	18.6	4.0435	1893626	0.0744	6.0225	0.0091	0.0577	5.6753	0.008599	0.0444	5.3994	0.008181	82.14	7.9279	4.9499	0.257031	0.304765
2	18	21.6	4.6957	1893626	0.0641	5.8082	0.0088	0.0497	5.5092	0.008347	0.0382	5.2716	0.007987	105.84	6.1527	3.8415	0.221332	0.262437
3	20	23.6	5.1304	2260532	0.07	4.9686	0.0075	0.0543	4.6949	0.007114	0.0417	4.4774	0.006784	123.31	5.2811	3.2973	0.202575	0.240196
4	22	25.6	5.5652	2659908	0.0759	4.3101	0.0065	0.0589	4.0579	0.006148	0.0453	3.8574	0.005844	142.11	4.5825	2.8611	0.186749	0.221431
5	25	28.6	6.2174	3319852	0.0848	3.5586	0.0054	0.0658	3.3328	0.00505	0.0506	3.1533	0.004778	172.81	3.7684	2.3528	0.16716	0.198204
6	30	33.6	7.3043	4582107	0.0997	2.7054	0.0041	0.0772	2.5132	0.003808	0.0594	2.3604	0.003576	230.64	2.8234	1.7629	0.142285	0.168709

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

➤ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull bottom

➤ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV

➤ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

➤ Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 1 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian specimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-G Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	1570.6	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5047	C _S =	0.7
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ =	2988	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	2.15	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3149	C _S =	0.83
v	0.322		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			H.80GS (τ =1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit luar			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	18.375	3.9946	1733381	0.0689	6.4555	0.0098	0.0534	6.1041	0.0092486	0.0411	5.8247	0.008825	78.844	8.2574	5.1517	0.26018	0.3084971
2	18	21.375	4.6467	1733381	0.0593	6.2363	0.0094	0.0459	5.9342	0.0089912	0.0353	5.694	0.008627	102.09	6.3769	3.9785	0.22366	0.2651993
3	20	23.375	5.0815	2072932	0.0648	5.3198	0.0081	0.0502	5.0436	0.0076418	0.0386	4.824	0.007309	119.26	5.459	3.4058	0.20453	0.2425084
4	22	25.375	5.5163	2442834	0.0704	4.6035	0.007	0.0545	4.349	0.0065893	0.0419	4.1467	0.006283	137.76	4.7259	2.9484	0.1884	0.2233945
5	25	28.375	6.1685	3054594	0.0787	3.7884	0.0057	0.061	3.5608	0.0053952	0.0469	3.3799	0.005121	168.01	3.875	2.4176	0.16849	0.1997757
6	30	33.375	7.2554	4225950	0.0925	2.8672	0.0043	0.0717	2.6737	0.0040511	0.0552	2.5199	0.003818	225.09	2.8923	1.8045	0.14324	0.1698467

G_c adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung dasar

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 5 dan No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif E-B Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5054	C _S =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	2046.4	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest			
t ₂ =	3.6	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3167	C _S =	0.83
ν =	0.3259		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			II.80GS (τ = 1 N/mm ²)			II.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			II.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	18.65	5.0405	1766251	0.0692	6.3414	0.0096	0.0536	5.9952	0.0090836	0.0413	5.7199	0.008667	82.882	7.8654	4.928	0.25634	0.3039482
2	18	21.65	5.8514	1766251	0.0596	6.1282	0.0093	0.0462	5.8299	0.0088332	0.0355	5.5928	0.008474	106.68	6.1107	3.8286	0.22082	0.2618307
3	20	23.65	6.3919	2107653	0.0651	5.2382	0.0079	0.0505	4.9651	0.0075229	0.0388	4.748	0.007194	124.22	5.2482	3.2882	0.20215	0.2396886
4	22	25.65	6.9324	2479199	0.0706	4.5404	0.0069	0.0547	4.2886	0.0064979	0.0421	4.0885	0.006195	143.08	4.5561	2.8546	0.18639	0.2209994
5	25	28.65	7.7432	3093043	0.0789	3.7442	0.0057	0.0612	3.5188	0.0053315	0.047	3.3396	0.00506	173.88	3.7491	2.349	0.16687	0.1978581
6	30	33.65	9.0946	4266845	0.0927	2.8409	0.0043	0.0718	2.649	0.0040136	0.0552	2.4965	0.003783	231.88	2.8114	1.7614	0.14207	0.1684587

Gc adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat memenuhi syarat DNV untuk selanjutnya tidak dipilih sebagai laminate kulit lambung dasar

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 37.7304 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian specimen E (125.768 N / mm²)

σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif E-D Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _S =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	2815.4	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest			
t ₂ =	2.6	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _S =	0.83
ν =	0.3227		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	18.15	4.9054	1676784	0.0675	6.6401	0.0101	0.0523	6.2843	0.0095216	0.0403	6.0014	0.009093	75.615	8.612	5.377	0.263404	0.312321
2	18	21.15	5.7162	1676784	0.0579	6.4158	0.0097	0.0449	6.1104	0.0092582	0.0345	5.8677	0.00889	98.415	6.6169	4.1313	0.226041	0.268021
3	20	23.15	6.2568	2008901	0.0634	5.4622	0.0083	0.0492	5.1832	0.0078534	0.0378	4.9615	0.007517	115.28	5.6488	3.5269	0.206513	0.244865
4	22	25.15	6.7973	2371005	0.0689	4.7188	0.0071	0.0534	4.462	0.0067606	0.0411	4.2579	0.006451	133.48	4.8786	3.046	0.19009	0.225393
5	25	28.15	7.6081	2970388	0.0771	3.8752	0.0059	0.0598	3.6458	0.005524	0.046	3.4635	0.005248	163.28	3.9882	2.4901	0.169832	0.201372
6	30	33.15	8.9595	4119301	0.0908	2.925	0.0044	0.0704	2.7302	0.0041366	0.0541	2.5753	0.003902	219.62	2.9652	1.8514	0.144216	0.171

Gc adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan Geser dari Lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

- > Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77
maka variasi No 1 dan No 2 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung dasar
- > Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01
maka variasi No 3 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV
- > Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}
maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 37.7304 N / mm²)
σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)
- Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ
maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)
nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA
σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian spesimen E (125.768 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif	E-G	Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar														
p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5054	C _S =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	2988	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	2.15	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3167	C _S =	0.83
v =	0.3259		b / a =	0.66					C ₆ =	7.8	C ₂ =	0.17	for longest side			

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ =1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit luar			maksimum pada core	
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	17.925	4.8446	1546194	0.063	7.0872	0.0107	0.0489	6.7269	0.0101923	0.0376	6.4405	0.009758	72.454	8.9975	5.6373	0.26671	0.3162418
2	18	20.925	5.6554	1546194	0.054	6.8576	0.0104	0.0419	6.549	0.0099227	0.0322	6.3037	0.009551	94.804	6.8763	4.3083	0.228472	0.2709025
3	20	22.925	6.1959	1855888	0.0592	5.8225	0.0088	0.0459	5.5408	0.0083952	0.0353	5.3169	0.008056	111.37	5.8534	3.6674	0.20854	0.2472687
4	22	24.925	6.7365	2193833	0.0643	5.018	0.0076	0.0499	4.7589	0.0072104	0.0384	4.5529	0.006898	129.27	5.0429	3.1596	0.191806	0.2274277
5	25	27.925	7.5473	2753718	0.0721	4.1081	0.0062	0.0559	3.8769	0.0058741	0.043	3.6931	0.005596	158.62	4.1098	2.575	0.171201	0.202995
6	30	32.925	8.8986	3828113	0.085	3.0875	0.0047	0.0659	2.8914	0.0043809	0.0507	2.7355	0.004145	214.2	3.0434	1.9068	0.145202	0.1721681

Gc adalah Modulus Geser dari Lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan Geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 dan No 2 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung dasar

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 3 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 37.73 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian spesimen F (125.768 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif B-F Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	2046.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5055	C _S =	0.7
t ₁	3.6	mm	E ₂ =	2133.3	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest side			
t ₂ =	2.85	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3169	C _S =	0.83
v =	0.3264		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit luar			maksimum pada core	
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	18.225	5.0625	1679519	0.0674	6.6253	0.01	0.0522	6.271	0.0095015	0.0402	5.9893	0.009075	76.684	8.5026	5.3301	0.26232	0.311036
2	18	21.225	5.8958	1679519	0.0578	6.4027	0.0097	0.0448	6.0985	0.0092401	0.0345	5.8566	0.008874	99.634	6.5441	4.1023	0.225243	0.267073
3	20	23.225	6.4514	2010949	0.0633	5.4539	0.0083	0.049	5.1758	0.0078422	0.0377	4.9548	0.007507	116.6	5.5918	3.5054	0.205846	0.244075
4	22	25.225	7.0069	2372204	0.0687	4.7136	0.0071	0.0533	4.4575	0.0067539	0.041	4.2541	0.006446	134.9	4.8333	3.0299	0.189525	0.224723
5	25	28.225	7.8403	2970007	0.0769	3.8729	0.0059	0.0596	3.6441	0.0055214	0.0458	3.4622	0.005246	164.85	3.9552	2.4794	0.169381	0.200837
6	30	33.225	9.2292	4115471	0.0905	2.925	0.0044	0.0702	2.7306	0.0041372	0.054	2.5761	0.003903	221.43	2.9445	1.8458	0.143891	0.170614

Gc adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan Geser dari Lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung dasar

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 51.1668 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 170.556 M Pa (170.558 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian spesimen B (170.556 N / mm²)

σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif D-F Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

p =	19.9	kN / m ²	E ₁ =	2815.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.4	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _S =	0.7
t ₁ =	2.6	mm	E ₂ =	2133.3	M Pa	b =	0.66	m	C ₈ =	0.288	C ₄ =	0.83	for shortest			
t ₂ =	2.85	mm	E =		M Pa	b =	660	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _S =	0.83
v =	0.3227		b / a =	0.66		C ₆ =	7.8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)							
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
					ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	17.725	6.8173	1592406	0.0657	6.946	0.0105	0.0509	6.5817	0.0099723	0.0391	6.2921	0.009533	69.7	9.3428	5.8333	0.269719	0.3198101
2	18	20.725	7.9712	1592406	0.0562	6.7116	0.0102	0.0435	6.4	0.009697	0.0335	6.1524	0.009322	91.65	7.1053	4.4363	0.230677	0.2735167
3	20	22.725	8.7404	1914576	0.0616	5.6934	0.0086	0.0477	5.4092	0.0081958	0.0367	5.1834	0.007854	107.95	6.0324	3.7664	0.210375	0.2494449
4	22	24.725	9.5096	2266404	0.067	4.9035	0.0074	0.0519	4.6423	0.0070338	0.0399	4.4347	0.006719	125.58	5.1854	3.2376	0.193358	0.2292673
5	25	27.725	10.663	2849758	0.0751	4.0118	0.0061	0.0582	3.7788	0.0057255	0.0448	3.5937	0.005445	154.53	4.214	2.631	0.172436	0.2044593
6	30	32.725	12.587	3970307	0.0887	3.0135	0.0046	0.0687	2.8162	0.0042669	0.0529	2.6593	0.004029	209.45	3.1091	1.9412	0.146089	0.1732203

Gc adalah Modulus Geser dari Lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan Geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s / d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 1 (H.80 & H.100 GS) dan No 2 (H.80 GS) tidak memenuhi syarat DNV

selanjutnya tidak dipilih sebagai laminate kulit lambung dasar

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 1 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 70.3848 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 2.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 234.616 M Pa (234.616 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 1 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCEL.L produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian speimen D (234.616 N / mm²)

σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-A Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ = 1570.6	M Pa	a = 1000	mm	C ₇ = 10.6	C ₃ = 0.45	C _N = 0.5047	C _S = 0.7
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ = 1570.6	M Pa	b = 0.64	m	C ₈ = 0.28	C ₄ = 0.84	for shortest	
t ₂ =	4.6	mm	E = 1570.6	M Pa	b = 640	mm	C ₁ = 0.93	C ₅ = 0.7	C _N = 0.3149	C _S = 0.84
v =	0.322		b / a = 0.64		C ₆ = 8		C ₂ = 0.17	for longest		

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core	syarat DNV			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)							
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
		c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest
1	15	19.6	4.2609	1548262	0.0614	3.4615	0.0054	0.0476	3.2861	0.0051346	0.0366	3.1468	0.004917	90.16	3.7703	2.3523	0.131337	0.157605
2	18	22.6	4.913	2058492	0.0708	2.6932	0.0042	0.0549	2.5411	0.0039705	0.0422	2.4203	0.003782	103.96	3.2698	2.04	0.113903	0.136684
3	20	24.6	5.3478	2438948	0.0771	2.3236	0.0036	0.0597	2.1839	0.0034123	0.0459	2.0728	0.003239	113.16	3.004	1.8742	0.104643	0.125571
4	22	26.6	5.7826	2851646	0.0833	2.0305	0.0032	0.0646	1.9013	0.0029707	0.0497	1.7986	0.00281	122.36	2.7781	1.7332	0.096775	0.11613
5	25	29.6	6.4348	3531146	0.0927	1.692	0.0026	0.0719	1.5759	0.0024624	0.0553	1.4837	0.002318	136.16	2.4966	1.5576	0.086966	0.10436
6	30	34.6	7.5217	4824857	0.1084	1.3021	0.002	0.084	1.2028	0.0018794	0.0646	1.1239	0.001756	159.16	2.1358	1.3325	0.074399	0.089279

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No. 3 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull side

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 4 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ n < 0.3 σ nu

maka variasi No 4 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ n < 0.3 * σ nu (σ n < 35.3478 N / mm²)

σ nu untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ nu = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ c < 0.35 τ

maka variasi No 4 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ c < 0.35 * τ (τ c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ nu adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-E Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	1570.6	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.505	C _s =	0.7
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ =	1676.9	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest side			
t ₂ =	3.7	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3157	C _s =	0.84
ν =	0.3237		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	19.15	4.163	1829354	0.0743	3.0677	0.0048	0.0575	2.8882	0.0045128	0.0443	2.7455	0.00429	90.482	3.7591	2.3496	0.134423	0.161308
2	18	22.15	4.8152	1829354	0.0642	2.9596	0.0046	0.0498	2.8045	0.004382	0.0383	2.6811	0.004189	115.28	2.9504	1.8441	0.116217	0.13946
3	20	24.15	5.25	2174626	0.07	2.5421	0.004	0.0542	2.3998	0.0037497	0.0417	2.2867	0.003573	133.48	2.5481	1.5927	0.106592	0.127911
4	22	26.15	5.6848	2549727	0.0758	2.2128	0.0035	0.0587	2.0814	0.0032521	0.0452	1.9769	0.003089	153.02	2.2228	1.3894	0.09844	0.118128
5	25	29.15	6.337	3168308	0.0845	1.8347	0.0029	0.0655	1.7168	0.0026825	0.0504	1.6231	0.002536	184.82	1.8404	1.1503	0.088309	0.105971
6	30	34.15	7.4239	4348422	0.099	1.4023	0.0022	0.0767	1.3016	0.0020338	0.059	1.2216	0.001909	244.48	1.3912	0.8696	0.075379	0.090455

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No. 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull side

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 5 dan No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif	A-F	Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi								
p =	11.05	kN / m ²	E ₁ = 1570.6	M Pa	a = 1000	mm	C ₇ = 10.6	C ₃ = 0.45	C _N = 0.505	C _S = 0.7
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ = 2133.3	M Pa	b = 0.64	m	C ₈ = 0.28	C ₄ = 0.84	for shortest side	
t ₂ =	2.85	mm	E =	M Pa	b = 640	mm	C ₁ = 0.93	C ₅ = 0.7	C _N = 0.3157	C _S = 0.84
v =	0.3237		b / a = 0.64		C ₆ = 8		C ₂ = 0.17		for longest side	

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			H.80 GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100 GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130 GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ_n shortest	σ_n longest	τ_c shortest	τ_c longest
1	15	18.725	4.0707	1740632	0.0723	3.2015	0.005	0.056	3.0179	0.0047155	0.0431	2.872	0.004488	84	4.0491	2.5309	0.137474	0.1649693
2	18	21.725	4.7228	1740632	0.0623	3.0888	0.0048	0.0483	2.9306	0.0045791	0.0371	2.8049	0.004383	107.95	3.1508	1.9694	0.118491	0.1421887
3	20	23.725	5.1576	2075868	0.068	2.6443	0.0041	0.0527	2.4994	0.0039053	0.0405	2.3843	0.003725	125.58	2.7084	1.6928	0.108502	0.1302023
4	22	25.725	5.5924	2440608	0.0737	2.2953	0.0036	0.0572	2.1617	0.0033776	0.044	2.0555	0.003212	144.55	2.353	1.4707	0.100066	0.1200797
5	25	28.725	6.2446	3043038	0.0823	1.8964	0.003	0.0638	1.7768	0.0027762	0.0491	1.6817	0.002628	175.5	1.938	1.2114	0.089616	0.1075387
6	30	33.725	7.3315	4194607	0.0967	1.4429	0.0023	0.0749	1.341	0.0020953	0.0576	1.26	0.001969	233.75	1.4551	0.9095	0.076329	0.0915952

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull side

· Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 5 dan No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif E-E Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5054	C _S =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	1676.9	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest			
t ₂ =	3.7	mm	E =	1676.9	M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3167	C _S =	0.84
v =	0.3259		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core	syarat DNV			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
		c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)					
1	15	18.7	5.0541	1213744	0.0505	4.2382	0.0066	0.0391	4.0544	0.006335	0.0301	3.9083	0.006107	69.19	4.9195	3.0823	0.137658	0.16519
2	18	21.7	5.8649	1634418	0.0585	3.2447	0.0051	0.0454	3.0863	0.0048223	0.0349	2.9604	0.004626	80.29	4.2394	2.6561	0.118627	0.142353
3	20	23.7	6.4054	1949577	0.0639	2.7745	0.0043	0.0496	2.6295	0.0041086	0.0381	2.5143	0.003929	87.69	3.8816	2.432	0.108616	0.13034
4	22	25.7	6.9459	2292504	0.0693	2.4058	0.0038	0.0537	2.272	0.0035501	0.0413	2.1657	0.003384	95.09	3.5795	2.2427	0.100164	0.120196
5	25	28.7	7.7568	2858957	0.0774	1.9847	0.0031	0.06	1.865	0.002914	0.0462	1.7698	0.002765	106.19	3.2054	2.0083	0.089694	0.107632
6	30	33.7	9.1081	3941882	0.0909	1.5067	0.0024	0.0705	1.4047	0.0021949	0.0542	1.3237	0.002068	124.69	2.7298	1.7103	0.076386	0.091663

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

• Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 2 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV selanjutnya dipilih untuk laminate kulit hull side

• Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV

• Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 37.7304 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)

• Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen E (125.768 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif E-F Serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.505	C _S =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	2133.3	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest side			
t ₂ =	2.85	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3157	C _S =	0.84
v =	0.3237		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	18.275	4.9392	1552604	0.066	3.5105	0.0055	0.0512	3.3224	0.0051913	0.0394	3.1729	0.005	77.40	4.3944	2.7467	0.14086	0.1690314
2	18	21.275	5.75	1552604	0.0567	3.3926	0.0053	0.044	3.2311	0.0050486	0.0338	3.1027	0.0048	100.45	3.386	2.1164	0.121	0.1451962
3	20	23.275	6.2905	1858236	0.0621	2.891	0.0045	0.0481	2.7434	0.0042865	0.037	2.626	0.0041	117.48	2.8951	1.8096	0.1106	0.1327196
4	22	25.275	6.8311	2191310	0.0674	2.4994	0.0039	0.0522	2.3634	0.0036929	0.0402	2.2553	0.0035	135.85	2.5037	1.5649	0.10185	0.1222176
5	25	28.275	7.6419	2742375	0.0754	2.0545	0.0032	0.0584	1.9329	0.0030202	0.0449	1.8363	0.0029	165.9	2.0502	1.2815	0.09104	0.1092502
6	30	33.275	8.9932	3798024	0.0887	1.5524	0.0024	0.0688	1.4491	0.0022643	0.0529	1.367	0.0021	222.65	1.5276	0.9548	0.07736	0.0928339

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 dan No. 2 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull side

- Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 3 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 37.73 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen E (125.768 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif B-B Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	2046.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5055	C _S =	0.7
t ₁ =	3.6	mm	E ₂ =	2046.4	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest			
t ₂ =	3.6	mm	E =	2046.4	M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3169	C _S =	0.84
v =	0.3264		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core		syarat DNV		H.80 GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100 GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130 GS (τ = 2 N/mm ²)							
	Grade		d / t ₁ > 5.77		Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ _c shortest	τ _c longest
1	12	15.6	4.3333	1003311	0.05	5.1181	0.008	0.0387	4.8978	0.0076528	0.0298	4.7227	0.007379	56.16	6.0619	3.8001	0.165013	0.198016
2	15	18.6	5.1667	1426305	0.0596	3.7327	0.0058	0.0462	3.5479	0.0055437	0.0355	3.4011	0.005314	66.96	5.0842	3.1872	0.138398	0.166078
3	18	21.6	6	1923508	0.0692	2.8661	0.0045	0.0536	2.707	0.0042296	0.0413	2.5805	0.004032	77.76	4.378	2.7445	0.119176	0.143012
4	20	23.6	6.5556	2296204	0.0756	2.4557	0.0038	0.0586	2.3101	0.0036095	0.0451	2.1943	0.003429	84.96	4.007	2.5119	0.109077	0.130892
5	22	25.6	7.1111	2701882	0.082	2.1336	0.0033	0.0636	1.9994	0.003124	0.0489	1.8927	0.002957	92.16	3.694	2.3157	0.100555	0.120666
6	25	28.6	7.9444	3372240	0.0916	1.7655	0.0028	0.071	1.6453	0.0025708	0.0546	1.5498	0.002422	102.96	3.3065	2.0728	0.090007	0.108009

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 dan No 2 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull side

- Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

- Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 51.1668 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 170.556 M Pa (170.556 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen B (170.556 N / mm²)

σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif B-D Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	2046.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _s =	0.7
t ₁ =	3.6	mm	E ₂ =	2815	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest side			
t ₂ =	2.6	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _s =	0.84
v =	0.3227		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			H.80 GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100 GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130 GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ_n shortest	σ_n longest	τ_c shortest
1	12	15.1	4.1944	1342625	0.0691	4.1045	0.0064	0.0536	3.8769	0.0060577	0.0412	3.696	0.005775	55.207	6.1589	3.8454	0.170477	0.204573
2	15	18.1	5.0278	1342625	0.0577	3.9369	0.0062	0.0447	3.747	0.0058547	0.0344	3.5961	0.005619	74.907	4.5392	2.8341	0.142221	0.170666
3	18	21.1	5.8611	1824578	0.0672	2.9999	0.0047	0.0521	2.837	0.0044328	0.0401	2.7075	0.004231	97.607	3.4835	2.175	0.122	0.1464
4	20	23.1	6.4167	2186863	0.0736	2.5602	0.004	0.057	2.4114	0.0037678	0.0439	2.2931	0.003583	114.41	2.972	1.8556	0.111438	0.133725
5	22	25.1	6.9722	2581934	0.08	2.2169	0.0035	0.062	2.08	0.00325	0.0477	1.9712	0.00308	132.54	2.5654	1.6017	0.102558	0.12307
6	25	28.1	7.8056	3236013	0.0895	1.8269	0.0029	0.0694	1.7045	0.0026634	0.0534	1.6073	0.002511	162.24	2.0957	1.3085	0.091609	0.109931

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 dan No 2 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull side

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 51.1668 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 170.556 M Pa (170.556 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen B (170.556 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif B-G Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	2815.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _s =	0.7
t ₁ =	3.6	mm	E ₂ =	2988.8	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest side			
t ₂ =	2.15	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _s =	0.84
v =	0.3227		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core Grade	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)							
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
		c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest
1	12	14.875	4.1319	1402593	0.0733	3.9876	0.0062	0.0568	3.7565	0.0058696	0.0437	3.5729	0.005583	52.51	6.4751	4.0428	0.173056	0.2076672
2	15	17.875	4.9653	1402593	0.061	3.8152	0.006	0.0473	3.623	0.0056609	0.0364	3.4702	0.005422	71.76	4.7382	2.9583	0.144012	0.172814
3	18	20.875	5.7986	1912901	0.0712	2.9026	0.0045	0.0552	2.738	0.0042781	0.0425	2.6071	0.004074	94.01	3.6168	2.2582	0.123315	0.1479784
4	20	22.875	6.3542	2297004	0.0781	2.4756	0.0039	0.0605	2.3254	0.0036334	0.0465	2.2059	0.003447	110.51	3.0767	1.921	0.112534	0.1350404
5	22	24.875	6.9097	2716225	0.0849	2.1429	0.0033	0.0658	2.0047	0.0031324	0.0506	1.8949	0.002961	128.34	2.6492	1.6541	0.103486	0.1241829
6	25	27.875	7.7431	3410902	0.0951	1.7654	0.0028	0.0737	1.6421	0.0025659	0.0567	1.5441	0.002413	157.59	2.1575	1.3471	0.092348	0.1108179

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 dan No 2 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull side

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 51.1668 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 170.556 M Pa (170.556 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen B (170.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif D-D Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	2815.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _s =	0.7
t ₁ =	2.6	mm	E ₂ =	2815.4	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest			
t ₂ =	2.6	mm	E =	2815.4	M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _s =	0.84
v =	0.3227		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core Grade	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80 GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100 GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130 GS (τ = 2 N/mm ²)			W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b					
1	12	14.6	5.6154	870857	0.0464	5.8147	0.0091	0.0359	5.5793	0.0087177	0.0276	5.3922	0.008425	37.96	8.9571	5.5925	0.176316	0.211579
2	15	17.6	6.7692	1265512	0.0559	4.1493	0.0065	0.0433	3.954	0.0061782	0.0333	3.7988	0.005936	45.76	7.4303	4.6392	0.146262	0.175514
3	18	20.6	7.9231	1733706	0.0654	3.1368	0.0049	0.0507	2.9699	0.0046405	0.039	2.8373	0.004433	53.56	6.3483	3.9636	0.124962	0.149954
4	20	22.6	8.6923	2086690	0.0718	2.6659	0.0042	0.0556	2.5139	0.0039279	0.0428	2.393	0.003739	58.76	5.7865	3.6129	0.113903	0.136684
5	22	24.6	9.4615	2472357	0.0781	2.3006	0.0036	0.0605	2.1609	0.0033763	0.0466	2.0498	0.003203	63.96	5.316	3.3191	0.104643	0.125571
6	25	27.6	10.615	3112140	0.0876	1.8878	0.0029	0.0679	1.7633	0.0027551	0.0523	1.6643	0.0026	71.76	4.7382	2.9584	0.093268	0.111922

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull side

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 70.4826 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 2.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 70.4826 M Pa (234.942 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen D (234.942 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif D-G Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	2815.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5043	C _S =	0.7
t ₁ =	2.6	mm	E ₂ =	2988.8	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest side			
t ₂ =	2.15	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3136	C _S =	0.84
ν =	0.3192		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest side					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core		syarat DNV		H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)							
	Grade		d / t ₁ > 5.77		Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ _c shortest	τ _c longest
1	12	14.375	5.5288	1150252	0.0622	4.6728	0.0073	0.0482	4.4337	0.0069277	0.0371	4.2437	0.0066	46.76	7.2628	4.5173	0.17908	0.2148904
2	15	17.375	6.6827	1150252	0.0515	4.4894	0.007	0.0399	4.2916	0.0067056	0.0307	4.1343	0.0065	65.01	5.224	3.2492	0.14816	0.177787
3	18	20.375	7.8365	1581753	0.0603	3.375	0.0053	0.0468	3.2064	0.0050099	0.036	3.0723	0.0048	86.26	3.9371	2.4488	0.12634	0.1516098
4	20	22.375	8.6058	1907522	0.0663	2.8597	0.0045	0.0514	2.7061	0.0042282	0.0395	2.584	0.004	102.09	3.3265	2.069	0.11505	0.1380581
5	22	24.375	9.375	2263772	0.0722	2.4611	0.0038	0.0559	2.3201	0.0036251	0.043	2.208	0.0034	119.26	2.8477	1.7712	0.10561	0.1267302
6	25	27.375	10.529	2855300	0.0811	2.0124	0.0031	0.0628	1.8868	0.0029481	0.0483	1.787	0.0028	147.51	2.3023	1.432	0.09403	0.112842

Gc adalah Shear Modulus dari Core Materials (M Pa)

τ adalah Shear Strength dari Core Materials yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit hull side

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 70.3848 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 2.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 234.616 M Pa (234.616 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian speimen D (234.616 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif	A-B	Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi							
p =	11.05	kN / m ²	E ₁ = 1570.6	MPa	a = 1000	mm	C ₇ = 10.6	C ₃ = 0.45	C _N = 0.5055
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ = 2046.4	MPa	b = 0.64	m	C ₈ = 0.28	C ₄ = 0.84	for shortest
t ₂ =	3.6	mm	E =	MPa	b = 640	mm	C ₁ = 0.93	C ₅ = 0.7	C _N = 0.3169
v =	0.3264		b / a = 0.64		C ₆ = 8		C ₂ = 0.17		for longest
									C _s = 0.7
									C _s = 0.84

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core	syarat DNV			H.80GS (τ =1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
		d	d / t ₁	D ₂	ρ	w	w / b	ρ	w	w / b	ρ	w	w / b					
c	d	d / t ₁	D ₂	ρ	w	w / b	ρ	w	w / b	ρ	w	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest	
No	mm	(mm)			(mm)			(mm)			(mm)							
1	15	19.1	4.1522	1993956	0.0811	2.8824	0.0045	0.0629	2.7024	0.004223	0.0484	2.5594	0.003999	89.707	3.795	2.379	0.134775	0.16173
2	18	22.1	4.8043	1993956	0.0701	2.7738	0.0043	0.0544	2.6183	0.004091	0.0418	2.4947	0.003898	114.41	2.9757	1.8654	0.11648	0.139776
3	20	24.1	5.2391	2371183	0.0765	2.3851	0.0037	0.0593	2.2425	0.003504	0.0456	2.1292	0.003327	132.54	2.5686	1.6102	0.106814	0.128176
4	22	26.1	5.6739	2781071	0.0828	2.0784	0.0032	0.0642	1.9468	0.003042	0.0494	1.8421	0.002878	152.01	2.2396	1.404	0.098629	0.118354
5	25	29.1	6.3261	3457140	0.0923	1.7261	0.0027	0.0716	1.608	0.002512	0.0551	1.5141	0.002366	183.71	1.8532	1.1617	0.088461	0.106153
6	30	34.1	7.413	4747224	0.1082	1.3227	0.0021	0.0839	1.2219	0.001909	0.0645	1.1418	0.001784	243.21	1.3998	0.8775	0.07549	0.090588

Gc adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah kekuatan geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung sisi

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 5 dan No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 1117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah tensile strength dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-D Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

$p =$	11.05	kN/m^2	$E_1 = 1570.6 \text{ M Pa}$	$a = 1000 \text{ mm}$	$C_7 = 10.6$	$C_3 = 0.45$	$C_N = 0.5049$	$C_3 = 0.7$
$t_1 =$	4.6	mm	$E_2 = 2815.4 \text{ M Pa}$	$b = 0.64 \text{ m}$	$C_8 = 0.28$	$C_4 = 0.84$	for shortest	
$t_2 =$	2.6	mm	$E = \text{M Pa}$	$b = 640 \text{ mm}$	$C_1 = 0.93$	$C_5 = 0.7$	$C_N = 0.3152$	$C_3 = 0.84$
$v =$	0.3227		$b/a = 0.64$	$C_6 = 8$	$C_2 = 0.17$		for longest	

No	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
					H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)							
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ _c shortest	τ _c longest
1	15	18.6	4.0435	1893626	0.0791	3.0142	0.0047	0.0613	2.8294	0.004421	0.0472	2.6826	0.004191	72.524	4.6883	2.9272	0.138398	0.166078
2	18	21.6	4.6957	1893626	0.0681	2.9001	0.0045	0.0528	2.741	0.004283	0.0406	2.6146	0.004085	95.87	3.5466	2.2144	0.119176	0.143012
3	20	23.6	5.1304	2260532	0.0745	2.4843	0.0039	0.0577	2.3386	0.003654	0.0444	2.2229	0.003473	116.23	2.9254	1.8265	0.109077	0.130892
4	22	25.6	5.5652	2659908	0.0808	2.1579	0.0034	0.0626	2.0236	0.003162	0.0481	1.9169	0.002995	134.93	2.52	1.5734	0.100555	0.120666
5	25	28.6	6.2174	3319852	0.0902	1.7849	0.0028	0.0699	1.6648	0.002601	0.0538	1.5693	0.002452	162.24	2.0957	1.3085	0.090007	0.108009
6	30	33.6	7.3043	4582107	0.106	1.3609	0.0021	0.0821	1.2586	0.001967	0.0632	1.1773	0.00184	213.72	1.5909	0.9933	0.076613	0.091936

Gc adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah kekuatan geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

- Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : $d/t_1 > 5.77$

maka variasi No 1 s/d No 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung sisi

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : $w/b < 0.01$

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum $\sigma_n < 0.3 \sigma_{nu}$

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu $\sigma_n < 0.3 \sigma_{nu}$ ($\sigma_n < 35.3478 \text{ N/mm}^2$)

σ_{nu} untuk laminate kulit $t_1 = 4.6 \text{ mm}$ diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana $\sigma_{nu} = 117.826 \text{ M Pa}$ (117.826 N/mm^2)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum $\tau_c < 0.35 \tau$

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu $\tau_c < 0.35 \tau$ ($\tau_c < 0.35 \text{ N/mm}^2$)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian speimen A (117.826 N/mm^2) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t_1 outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif A-G	Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi															
p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	1570.6	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5047	C ₈ =	0.7
t ₁ =	4.6	mm	E ₂ =	2988	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest			
t ₂ =	2.15	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3149	C ₈ =	0.84
ν =	0.322		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
					ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b					
1	15	18.375	3.9946	1733381	0.0733	3.227	0.005	0.0568	3.0399	0.0047499	0.0437	2.8913	0.004518	78.844	4.3115	2.6899	0.14009	0.1681115
2	18	21.375	4.6467	1733381	0.063	3.1103	0.0049	0.0489	2.9495	0.0046086	0.0376	2.8217	0.004409	102.09	3.3296	2.0773	0.12043	0.1445169
3	20	23.375	5.0815	2072932	0.0689	2.6567	0.0042	0.0534	2.5097	0.0039214	0.0411	2.3929	0.003739	119.26	2.8503	1.7783	0.11013	0.1321519
4	22	25.375	5.5163	2442834	0.0748	2.3019	0.0036	0.058	2.1665	0.0033851	0.0446	2.0588	0.003217	137.76	2.4676	1.5395	0.10145	0.1217359
5	25	28.375	6.1685	3054594	0.0837	1.8978	0.003	0.0648	1.7767	0.0027761	0.0499	1.6804	0.002626	168.01	2.0233	1.2623	0.09072	0.1088652
6	30	33.375	7.2554	4225950	0.0984	1.4403	0.0023	0.0763	1.3374	0.0020896	0.0587	1.2555	0.001962	225.09	1.5102	0.9422	0.07713	0.0925558

Gc adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 s/d No. 4 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung sisi

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 5 dan No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 35.3478 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 4.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 117.826 M Pa (117.826 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 5 dan No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian spesimen A (117.826 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif E-B Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5054	C _s =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	2046.4	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest			
t ₂ =	3.6	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3167	C _s =	0.84
v =	0.3259		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	18.65	5.0405	1766251	0.0736	3.1701	0.005	0.057	2.9859	0.0046654	0.0439	2.8394	0.004437	70.257	4.8448	3.0354	0.13803	0.1656327
2	18	21.65	5.8514	1766251	0.0634	3.0567	0.0048	0.0491	2.8979	0.004528	0.0378	2.7717	0.004331	93.507	3.6401	2.2807	0.1189	0.1426813
3	20	23.65	6.3919	2107653	0.0693	2.6161	0.0041	0.0537	2.4708	0.0038607	0.0413	2.3553	0.00368	114.85	2.9637	1.8569	0.10885	0.1306152
4	22	25.65	6.9324	2479199	0.0751	2.2705	0.0035	0.0582	2.1365	0.0033383	0.0448	2.03	0.003172	133.55	2.5486	1.5968	0.10036	0.1204308
5	25	28.65	7.7432	3093043	0.0839	1.8757	0.0029	0.065	1.7558	0.0027434	0.05	1.6604	0.002594	159.78	2.1303	1.3347	0.08985	0.1078202
6	30	33.65	9.0946	4266845	0.0986	1.4272	0.0022	0.0764	1.325	0.0020704	0.0588	1.2439	0.001944	209.13	1.6276	1.0198	0.0765	0.0917994

Gc adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat memenuhi syarat DNV untuk selanjutnya tidak dipilih sebagai laminate kulit lambung sisi

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 37.7304 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian specimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian specimen E (125.768 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif E-D Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	KN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _S =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	2815.4	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest			
t ₂ =	2.6	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _S =	0.84
v =	0.3227		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
	c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ_n shortest	σ_n longest	τ_c shortest	τ_c longest
1	15	18.15	4.9054	1676784	0.0718	3.3182	0.0052	0.0557	3.1288	0.0048887	0.0428	2.9783	0.004654	66.122	5.1422	3.2106	0.14183	0.170196
2	18	21.15	5.7162	1676784	0.0616	3.1988	0.005	0.0478	3.0363	0.0047442	0.0367	2.9071	0.004542	88.543	3.8401	2.3976	0.121712	0.146054
3	20	23.15	6.2568	2008901	0.0675	2.727	0.0043	0.0523	2.5785	0.0040289	0.0402	2.4605	0.003845	108.25	3.141	1.9611	0.111197	0.133436
4	22	25.15	6.7973	2371005	0.0733	2.3588	0.0037	0.0568	2.2221	0.0034721	0.0437	2.1135	0.003302	126.35	2.6911	1.6802	0.102354	0.122825
5	25	28.15	7.6081	2970388	0.082	1.9406	0.003	0.0636	1.8186	0.0028415	0.0489	1.7215	0.00269	152.78	2.2255	1.3895	0.091446	0.109735
6	30	33.15	8.9595	4119301	0.0966	1.4689	0.0023	0.0749	1.3652	0.0021331	0.0576	1.2828	0.002004	202.8	1.6766	1.0468	0.077653	0.093184

Gc adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan Geser dari Lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 dan No 2 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung sisi

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 3 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 37.7304 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL. produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian spesimen E (125.768 N / mm²)

σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif E-G Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	1676.9	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5054	C _S =	0.7
t ₁ =	3.7	mm	E ₂ =	2988	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest			
t ₂ =	2.15	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3167	C _S =	0.84
ν =	0.3259		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core	syarat DNV			H.80GS (τ =1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
	Grade	d / t ₁ > 5.77			Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		c mm	d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest
1	15	17.925	4.8446	1546194	0.067	3.5379	0.0055	0.052	3.3462	0.0052284	0.04	3.1938	0.00499	72.454	4.6979	2.9434	0.14361	0.1723319
2	18	20.925	5.6554	1546194	0.0574	3.4157	0.0053	0.0445	3.2515	0.0050804	0.0342	3.1209	0.004876	94.804	3.5904	2.2495	0.123021	0.1476248
3	20	22.925	6.1959	1855888	0.0629	2.9039	0.0045	0.0488	2.7539	0.004303	0.0375	2.6348	0.004117	111.37	3.0563	1.9149	0.112288	0.1347459
4	22	24.925	6.7365	2193833	0.0684	2.5057	0.0039	0.053	2.3678	0.0036997	0.0408	2.2582	0.003528	129.27	2.6331	1.6497	0.103278	0.1239338
5	25	27.925	7.5473	2753718	0.0766	2.055	0.0032	0.0594	1.9319	0.0030187	0.0457	1.8341	0.002866	158.62	2.1459	1.3445	0.092183	0.1106195
6	30	32.925	8.8986	3828113	0.0904	1.5487	0.0024	0.07	1.4443	0.0022568	0.0539	1.3614	0.002127	214.2	1.589	0.9956	0.078184	0.0938208

Gc adalah Modulus Geser dari Lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan Geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 dan No. 2 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung sisi

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 3 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 37.73 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.7 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 125.768 M Pa (125.768 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian spesimen E (125.768 N / mm²)

σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif B-F Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	2046.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5055	C _s =	0.7
t ₁ =	3.6	mm	E ₂ =	2133.3	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest			
t ₂ =	2.85	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3169	C _s =	0.84
v =	0.3264		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal			Tegangan geser	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			maksimum pada kulit			maksimum pada core	
					Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52			luar (N / mm ²)			(N / mm ²)	
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
1	15	18.225	5.0625	1679519	0.0716	3.3107	0.0052	0.0555	3.1221	0.0048783	0.0427	2.9722	0.004644	76.684	4.4395	2.783	0.141246	0.169495
2	18	21.225	5.8958	1679519	0.0615	3.1922	0.005	0.0477	3.0303	0.0047348	0.0367	2.9016	0.004534	99.634	3.4169	2.142	0.121282	0.145538
3	20	23.225	6.4514	2010949	0.0673	2.7227	0.0043	0.0522	2.5747	0.004023	0.0401	2.4571	0.003839	116.6	2.9197	1.8303	0.110838	0.133005
4	22	25.225	7.0069	2372204	0.0731	2.3561	0.0037	0.0567	2.2198	0.0034685	0.0436	2.1116	0.003299	134.9	2.5236	1.582	0.10205	0.12246
5	25	28.225	7.8403	2970007	0.0818	1.9394	0.003	0.0634	1.8176	0.00284	0.0488	1.7208	0.002689	164.85	2.0651	1.2946	0.091203	0.109444
6	30	33.225	9.2292	4115471	0.0963	1.4688	0.0023	0.0746	1.3653	0.0021333	0.0574	1.2831	0.002005	221.43	1.5374	0.9638	0.077478	0.092974

Gc adalah Modulus Geser dari lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan Geser dari Lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung sisi

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No. 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3*σ_{nu} (σ_n < 51.1668 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 3.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 170.556 M Pa (170.558 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35*τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian spesimen B (170.556 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Tabel Perhitungan Kekuatan Struktur Panel Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich

Alternatif D-F Gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

p =	11.05	kN / m ²	E ₁ =	2815.4	M Pa	a =	1000	mm	C ₇ =	10.6	C ₃ =	0.45	C _N =	0.5049	C _s =	0.7
t ₁ =	2.6	mm	E ₂ =	2133.3	M Pa	b =	0.64	m	C ₈ =	0.28	C ₄ =	0.84	for shortest			
t ₂ =	2.85	mm	E =		M Pa	b =	640	mm	C ₁ =	0.93	C ₅ =	0.7	C _N =	0.3152	C _s =	0.84
ν =	0.3227		b / a =	0.64		C ₆ =	8		C ₂ =	0.17	for longest					

No					Defleksi (w) mm									Tegangan normal maksimum pada kulit luar (N / mm ²)			Tegangan geser maksimum pada core (N / mm ²)	
	Core Grade c mm	syarat DNV d / t ₁ > 5.77			H.80GS (τ = 1 N/mm ²)			H.100GS (τ = 1.4 N/mm ²)			H.130GS (τ = 2 N/mm ²)			W	σ _n shortest	σ _n longest	τ c shortest	τ c longest
		d (mm)	d / t ₁	D ₂	Gc = 31			Gc = 40			Gc = 52							
					ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b	ρ	w (mm)	w / b					
1	12	14.725	5.6635	1164762	0.0615	4.6026	0.0072	0.0476	4.3692	0.0068269	0.0367	4.1837	0.006537	50.75	6.6997	4.183	0.174819	0.2097827
2	15	17.725	6.8173	1164762	0.0511	4.427	0.0069	0.0396	4.2331	0.0066143	0.0305	4.079	0.006373	69.7	4.8782	3.0458	0.14523	0.1742764
3	18	20.725	7.9712	1592406	0.0597	3.3448	0.0052	0.0463	3.179	0.0049672	0.0356	3.0472	0.004761	91.65	3.7099	2.3163	0.124208	0.1490494
4	20	22.725	8.7404	1914576	0.0655	2.8411	0.0044	0.0508	2.6899	0.004203	0.039	2.5697	0.004015	107.95	3.1497	1.9666	0.113276	0.1359318
5	22	24.725	9.5096	2266404	0.0712	2.4501	0.0038	0.0552	2.3111	0.003611	0.0425	2.2006	0.003438	125.58	2.7075	1.6904	0.104114	0.1249363
6	25	27.725	10.663	2849758	0.0799	2.0081	0.0031	0.0619	1.8842	0.002944	0.0476	1.7856	0.00279	154.53	2.2002	1.3738	0.092848	0.1114175

Gc adalah Modulus Geser dari Lapisan inti (M Pa)

τ adalah Kekuatan Geser dari lapisan inti yang dipakai (M Pa)

Persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.101 yaitu : d / t₁ > 5.77

maka variasi No 1 tidak memenuhi syarat DNV selanjutnya tidak dipilih untuk laminate kulit lambung sisi

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu : w / b < 0.01

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan normal maksimum σ_n < 0.3 σ_{nu}

maka variasi No 2 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu σ_n < 0.3 * σ_{nu} (σ_n < 70.3848 N / mm²)

σ_{nu} untuk laminate kulit t₁ = 2.6 mm diperoleh dari pengujian spesimen dilaboratorium dimana σ_{nu} = 234.616 M Pa (234.616 N / mm²)

> Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5, B.501 yaitu tegangan geser maksimum τ_c < 0.35 τ

maka variasi No 3 s/d No 6 memenuhi syarat DNV yaitu τ_c < 0.35 * τ (τ_c < 0.35 N / mm²)

nilai τ diperoleh dari data teknis core material yang telah mendapat sertifikasi DNV yaitu DIVINYCELL produksi Barracuda, USA

σ_{nu} adalah kekuatan tarik dari hasil pengujian speimen D (234.616 N / mm²) σ_n adalah tegangan normal laminate kulit luar (t₁ outer skin)

Alternatif A-A Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	35	63	433125
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	35	28	231000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
Lapisan Inti												
kulit dalam t ₂ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	35	63	433125
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	35	28	231000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273

Total berat (kg) = 484.9091

Total harga (Rp) = 3587659.09

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divynicell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	578.2424	6116584.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	596.9091	7256621.59
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	609.3535	6869259.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	621.798	7782846.59
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	640.4646	7461284.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	671.5758	7887146.59

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divynicell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	601.5758	7484734.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	624.9091	8792246.59
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	640.4646	8177121.59
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	656.0202	9758334.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	679.3535	9150646.59
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	718.2424	10109209.1

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divynicell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	636.5758	8695909.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	666.9091	10101071.6
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	687.1313	9634521.59
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	707.3535	11030409.1
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	737.6869	10937746.6
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	788.2424	12237821.6

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divynicell)

Variasi No 1 s/d No 3 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 s/d No 3 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-E Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung bawah

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	35	63	433125
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	35	28	231000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.900	5850.0	1.2000	8250.0	35	42	288750
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
Total berat (kg) =										435.9091		
Total harga (Rp) =										3212284.09		

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.80 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%			Fraksi berat = 45%			berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²							
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	529.2424	5741209.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	547.9091	6881246.59
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	560.3535	6493884.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	572.798	7407471.59
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	591.4646	7085909.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	622.5758	7511771.59

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.100 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%			Fraksi berat = 45%			berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²							
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	552.5758	7109359.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	575.9091	8416871.59
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	591.4646	7801746.59
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	607.0202	9382959.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	630.3535	8775271.59
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	669.2424	9733834.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.130 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%			Fraksi berat = 45%			berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²							
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	587.5758	8320534.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	617.9091	9725696.59
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	638.1313	9259146.59
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	658.3535	10655034.1
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	688.6869	10562371.6
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	739.2424	11862446.6

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
 Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t, > 5.77)
 Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich
 Luas Lambung Dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-F Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung bawah

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	35	63	433125
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	35	28	231000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.85 mm	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273

Total berat (kg) = 393.9091

Total harga (Rp) = 2923534.09

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	487.2424	5452459.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	505.9091	6592496.59
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	518.3535	6205134.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	530.798	7118721.59
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	549.4646	6797159.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	580.5758	7223021.59

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	510.5758	6820609.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	533.9091	8128121.59
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	549.4646	7512996.59
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	565.0202	9094209.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	588.3535	8486521.59
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	627.2424	9445084.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	545.5758	8031784.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	575.9091	9436946.59
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	596.1313	8970396.59
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	616.3535	10366284.1
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	646.6869	10273621.6
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	697.2424	11573696.6

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung Dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-E Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung bawah

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminate kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.900	5850.0	1.2000	8250.0	35	42	288750
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.900	5850.0	1.2000	8250.0	35	42	288750
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
Total berat (kg) =											386.9091	
Total harga (Rp) =											2836909.09	

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.80 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	480.2424	5365834.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	498.9091	6505871.59
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	511.3535	6118509.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	523.798	7032096.59
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	542.4646	6710534.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	573.5758	7136396.59

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.100 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	503.5758	6733984.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	526.9091	8041496.59
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	542.4646	7426371.59
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	558.0202	9007584.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	581.3535	8399896.59
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	620.2424	9358459.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.130 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	538.5758	7945159.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	568.9091	9350321.59
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	589.1313	8883771.59
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	609.3535	10279659.1
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	639.6869	10186996.6
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	690.2424	11487071.6

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)
Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich
Luas Lambung Dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-F Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.90	5850.0	1.2000	8250.0	35	42	288750
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.85 mm	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
Total berat (kg) =											344.909	
Total harga (Rp) =											2548159.09	

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilete 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	438.242	5077084.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	456.909	6217121.59
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	469.354	5829759.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	481.798	6743346.59
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	500.465	6421784.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	531.576	6847646.59

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilete 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	461.576	6445234.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	484.909	7752746.59
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	500.465	7137621.59
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	516.02	8718834.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	539.354	8111146.59
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	578.242	9069709.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilete 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	496.576	7656409.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	526.909	9061571.59
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	547.131	8595021.59
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	567.354	9990909.09
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	597.687	9898246.59
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	648.242	11198321.6

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilete serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 dan No 2 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch 4 Sec 5, B 501 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 dan No 2 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif B-B Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
Total berat (kg) =											358.81	
Total harga (Rp) =											2931409.09	

Grade Lapisan Inti H 80 GS													
No	Divilette 600			Divinycell H.80 GS			Total untuk		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP	
	Fraksi berat = 55%			Fraksi berat = 45%			Panel Sandwich					Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.333	2528925	452.24	5460334.09
2	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112.000	3668962.5	470.91	6600371.59
3	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	483.35	6213009.09
4	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195187.5	495.8	7126596.59
5	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	514.46	6805034.09
6	4500	2.933	13200.0	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299487.5	545.58	7230896.59

Grade Lapisan Inti H 100 GS													
No	Divilette 600			Divinycell H.100 GS			Total untuk		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP	
	Fraksi berat = 55%			Fraksi berat = 45%			Panel Sandwich					Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.66667	3897075	475.58	6828484.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204587.5	498.91	8135996.59
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.55556	4589462.5	514.46	7520871.59
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.11111	6170675	530.02	9102084.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.44444	5562987.5	553.35	8494396.59
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.33333	6521550	592.24	9452959.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS													
No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.66667	5108250	510.58	8039659.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513412.5	540.91	9444821.59
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.22222	6046862.5	561.13	8978271.59
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.44444	7442750	581.35	10374159.1
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.77778	7350087.5	611.69	10281496.6
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.33333	8650162.5	662.24	11581571.6

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinyell)

Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch. 4 Sec 5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif B-D Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
Total berat (kg) =											327.09	
Total harga (Rp) =											2708840.91	

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.333	2528925	420.42	5237765.91
2	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112.000	3668962.5	439.09	6377803.41
3	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	451.54	5990440.91
4	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195187.5	463.98	6904028.41
5	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	482.65	6582465.91
6	4500	2.933	13200.0	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299487.5	513.76	7008328.41

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.6667	3897075	443.76	6605915.91
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204587.5	467.09	7913428.41
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.5556	4589462.5	482.65	7298303.41
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.1111	6170675	498.2	8879515.91
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.4444	5562987.5	521.54	8271828.41
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.3333	6521550	560.42	9230390.91

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.6667	5108250	478.76	7817090.91
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513412.5	509.09	9222253.41
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.2222	6046862.5	529.31	8755703.41
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.4444	7442750	549.54	10151590.9
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.7778	7350087.5	579.87	10058928.4
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.3333	8650162.5	630.42	11359003.4

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch 4 Sec.5, B 501 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung Dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif B-G Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
Divinycell H.80 GS												
Kulit dalam t ₂ 2.15 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
Total berat (kg) =											295.27	
Total harga (Rp) =											2486272.73	

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.333	2528925	388.61	5015197.73
2	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112.000	3668962.5	407.27	6155235.23
3	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	419.72	5767872.73
4	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195187.5	432.16	6681460.23
5	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	450.83	6359897.73
6	4500	2.933	13200.0	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299487.5	481.94	6785760.23

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.6667	3897075	411.94	6383347.73
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204587.5	435.27	7690860.23
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.5556	4589462.5	450.83	7075735.23
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.1111	6170675	466.38	8656947.73
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.4444	5562987.5	489.72	8049260.23
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.3333	6521550	528.61	9007822.73

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.6667	5108250	446.94	7594522.73
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513412.5	477.27	8999685.23
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.2222	6046862.5	497.49	8533135.23
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.4444	7442750	517.72	9929022.73
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.7778	7350087.5	548.05	9836360.23
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.3333	8650162.5	598.61	11136435.23

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.501 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung Dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif D-D Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
Total berat (kg) =										295.27		
										Total harga (Rp) = 2486272.73		

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.333	2528925	388.61	5015197.73
2	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112.000	3668962.5	407.27	6155235.23
3	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	419.72	5767872.73
4	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195187.5	432.16	6681460.23
5	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	450.83	6359897.73
6	4500	2.933	13200.0	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299487.5	481.94	6785760.23

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.66667	3897075	411.94	6383347.73
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204587.5	435.27	7690860.23
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.55556	4589462.5	450.83	7075735.23
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.11111	6170675	466.38	8656947.73
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.44444	5562987.5	489.72	8049260.23
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.33333	6521550	528.61	9007822.73

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.66667	5108250	446.94	7594522.73
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513412.5	477.27	8999685.23
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.22222	6046862.5	497.49	8533135.23
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.44444	7442750	517.72	9929022.73
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.77778	7350087.5	548.05	9836360.23
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.33333	8650162.5	598.61	11136435.2

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
Variasi No 1 tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (w / b < 0.01)
Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich
Luas Lambung Dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif D-G Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.6	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.15 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000

Total berat (kg) = 263.45

Total harga (Rp) = 2263704.55

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.333	2528925	356.79	4792629.55
2	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112.000	3668962.5	375.45	5932667.05
3	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	387.9	5545304.55
4	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195187.5	400.34	6458892.05
5	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	419.01	6137329.55
6	4500	2.933	13200.0	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299487.5	450.12	6563192.05

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	380.12	6160779.55
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140.000	5204587.5	403.45	7468292.05
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589462.5	419.01	6853167.05
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	434.57	8434379.55
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562987.5	457.9	7826692.05
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	496.79	8785254.55

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.67	5108250	415.12	7371954.55
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182.00	6513412.5	445.45	8777117.05
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.22	6046862.5	465.68	8310567.05
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.44	7442750	485.9	9706454.55
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.78	7350087.5	516.23	9613792.05
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.33	8650162.5	566.79	10913867

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 s/ d No 6 memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.501 (w / b < 0.01)

Keterangan variasi No 1 s/ d No 6 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-B Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	35	63	433125
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	35	28	231000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	5344.8	0.9091	7744.8	35	31.81818	271067.045
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	10530.0	2.40	25530.0	35	84	893550
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3617.2	0.9091	6017.2	35	31.81818	210600.93
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	5344.8	0.9091	7744.8	35	31.81818	271067.045

Total berat (kg) = 421.9091
Total harga (Rp) = 3440114.57

Grade Lapisan Inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinyell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	515.2424	5969039.57
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	533.9091	7109077.07
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	546.3535	6721714.57
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	558.798	7635302.07
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	577.4646	7313739.57
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	608.5758	7739602.07

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinyell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	538.5758	7337189.57
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	561.9091	8644702.07
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	577.4646	8029577.07
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	593.0202	9610789.57
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	616.3535	9003102.07
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	655.2424	9961664.57

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinyell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	573.5758	8548364.57
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	603.9091	9953527.07
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	624.1313	9486977.07
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	644.3535	10882864.6
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	674.6869	10790202.1
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	725.2424	12090277.1

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinyell)
Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)
Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich
Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-D Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	35	63	433125
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	35	28	231000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.81818	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.81818	222568.182

Total berat (kg) = 390.0909

Total harga (Rp) = 3036965.91

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	483.4242	5565890.91
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	502.0909	6705928.41
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	514.5354	6318565.91
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	526.9798	7232153.41
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	545.6465	6910590.91
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	576.7576	7336453.41

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	506.7576	6934040.91
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	530.0909	8241553.41
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	545.6465	7626428.41
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	561.202	9207640.91
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	584.5354	8599953.41
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	623.4242	9558515.91

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	541.7576	8145215.91
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	572.0909	9550378.41
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	592.3131	9083828.41
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	612.5354	10479715.9
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	642.8687	10387053.4
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	693.4242	11687128.4

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-G Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	35	63	433125
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	35	28	231000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.72727	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.15 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	5344.8	0.9091	7744.8	35	31.81818	271067.045
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	10530.0	2.40	25530.0	35	84	893550

Total berat (kg) = 358.2727

Total harga (Rp) = 2958446.59

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	451.6061	5487371.59
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	470.2727	6627409.09
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	482.7172	6240046.59
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	495.1616	7153634.09
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	513.8283	6832071.59
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	544.9394	7257934.09

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	474.9394	6855521.59
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	498.2727	8163034.09
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	513.8283	7547909.09
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	529.3838	9129121.59
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	552.7172	8521434.09
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	591.6061	9479996.59

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	509.9394	8066696.59
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	540.2727	9471859.09
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	560.4949	9005309.09
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	580.7172	10401196.6
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	611.0505	10308534.1
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	661.6061	11608609.1

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch 4 Sec.5, B 101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-B Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.90	5850.0	1.2000	8250.0	35	42	288750
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3617.2	0.9091	6017.2	35	31.8182	210600.93
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.6	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182

Total berat (kg) = 372.909

Total harga (Rp) = 2872191.84

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.80 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	466.242	5401116.84
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	484.909	6541154.34
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	497.354	6153791.84
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	509.798	7067379.34
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	528.465	6745816.84
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	559.576	7171679.34

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.100 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	489.576	6769266.84
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	512.909	8076779.34
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	528.465	7461654.34
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	544.02	9042866.84
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	567.354	8435179.34
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	606.242	9393741.84

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.130 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	524.576	7992409.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	554.909	9397571.59
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	575.131	8931021.59
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	595.354	10326909.1
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	625.687	10234246.6
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	676.242	11534321.6

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-D Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminate kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.90	5850.0	1.2000	8250.0	35	42	288750
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.6	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182

Total berat (kg) = 341.091
Total harga (Rp) = 2661590.91

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	434.424	5190515.91
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	453.091	6330553.41
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	465.535	5943190.91
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	477.98	6856778.41
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	496.646	6535215.91
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	527.758	6961078.41

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	457.758	6558665.91
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	481.091	7866178.41
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	496.646	7251053.41
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	512.202	8832265.91
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	535.535	8224578.41
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	574.424	9183140.91

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	492.758	7769840.91
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	523.091	9175003.41
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	543.313	8708453.41
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	563.535	10104340.9
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	593.869	10011678.4
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	644.424	11311753.4

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 dan No 2 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.501 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 dan No 2 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-G Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.90	5850.0	1.2000	8250.0	35	42	288750
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.15 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000

Total berat (kg) = 309.273

Total harga (Rp) = 2439022.73

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	402.606	4967947.73
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	421.273	6107985.23
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	433.717	5720622.73
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	446.162	6634210.23
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	464.828	6312647.73
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	495.939	6738510.23

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	425.939	6336097.73
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	449.273	7643610.23
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	464.828	7028485.23
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	480.384	8609697.73
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	503.717	8002010.23
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	542.606	8960572.73

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	460.939	7547272.73
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	491.273	8952435.23
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	511.495	8485885.23
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	531.717	9881772.73
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	562.051	9789110.23
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	612.606	11089185.2

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 dan No 2 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.501 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No1 dan No 2 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif B-F Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.85 mm	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273

Total berat (kg) = 330.909

Total harga (Rp) = 2595409.09

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilett 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	424.242	5124334.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	442.909	6264371.59
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	455.354	5877009.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	467.798	6790596.59
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	486.465	6469034.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	517.576	6894896.59

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilett 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	447.576	6492484.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	470.909	7799996.59
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	486.465	7184871.59
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	502.02	8766084.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	525.354	8158396.59
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	564.242	9116959.09

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilett 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	482.576	7703659.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	512.909	9108821.59
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	533.131	8642271.59
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	553.354	10038159.1
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	583.687	9945496.59
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	634.242	11245571.6

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilett serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t ; > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif D-F Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung dasar

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	35	84	798000
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	35	31.8182	222568.182
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.85 mm	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	35	56	462000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	35	47.7273	333852.273
Total berat (kg) =											299.091	
Total harga (Rp) =											2372840.91	

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	35	93.3333	2528925	392.424	4901765.91
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	35	112	3668963	411.091	6041803.41
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	35	124.444	3281600	423.535	5654440.91
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	35	136.889	4195188	435.98	6568028.41
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	35	155.556	3873625	454.646	6246465.91
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	35	186.667	4299488	485.758	6672328.41

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	35	116.667	3897075	415.758	6269915.91
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	35	140	5204588	439.091	7577428.41
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	35	155.556	4589463	454.646	6962303.41
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	35	171.111	6170675	470.202	8543515.91
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	35	194.444	5562988	493.535	7935828.41
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	35	233.333	6521550	532.424	8894390.91

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	35	151.667	5108250	450.758	7481090.91
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	35	182	6513413	481.091	8886253.41
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	35	202.222	6046863	501.313	8419703.41
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	35	222.444	7442750	521.535	9815590.91
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	35	252.778	7350088	551.869	9722928.41
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	35	303.333	8650163	602.424	11023003.41

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
Variasi No 1 s/d No 6 kekuatan struktur memenuhi persyaratan DNV

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung dasar didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-A Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	24	43.2	297000
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	24	19.2	158400
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
Lapisan inti												
Kulit dalam t ₂ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	24	43.2	297000
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	24	19.2	158400
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
Total berat (kg) =										332.5091		
Total harga (Rp) =										2460109.09		

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	396.5091	4194229.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	409.3091	4975969.09
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	417.8424	4710349.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	426.3758	5336809.09
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	439.1758	5116309.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	460.5091	5408329.09

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	412.5091	5132389.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	428.5091	6028969.09
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	439.1758	5607169.09
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	449.8424	6691429.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	465.8424	6274729.09
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	492.5091	6932029.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	436.5091	5962909.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	457.3091	6926449.09
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	471.1758	6606529.09
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	485.0424	7563709.09
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	505.8424	7500169.09
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	540.5091	8391649.09

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
Variasi No 1 s/d No 3 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)
Keterangan variasi No 1 s/d No 3 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich
Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-E Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	24	43.200	297000
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	24	19.200	158400
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.400	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.727	228927.273
Lapisan inti												
Kulit dalam t ₂ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.900	5850.0	1.2000	8250.0	24	28.800	198000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.400	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.727	228927.273
Total berat (kg) =										298.9091		
Total harga (Rp) =										2202709.09		

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	362.9091	3936829.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	375.7091	4718569.09
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	384.2424	4452949.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	392.7758	5079409.09
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	405.5758	4858909.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	426.9091	5150929.09

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	378.9091	4874989.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	394.9091	5771569.09
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	405.5758	5349769.09
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	416.2424	6434029.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	432.2424	6017329.09
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	458.9091	6674629.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	402.9091	5705509.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	423.7091	6669049.09
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	437.5758	6349129.09
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	451.4424	7306309.09
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	472.2424	7242769.09
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	506.9091	8134249.09

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)
Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich
Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-F Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	24	43.2	297000
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	24	19.2	158400
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
Lapisan inti t ₂ 2.85 mm	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
Total berat (kg) =										270.1091		
Total harga (Rp) =										2004709.09		

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	334.1091	3738829.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	346.9091	4520569.09
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	355.4424	4254949.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	363.9758	4881409.09
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	376.7758	4660909.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	398.1091	4952929.09

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	350.1091	4676989.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	366.1091	5573569.09
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	376.7758	5151769.09
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	387.4424	6236029.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	403.4424	5819329.09
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	430.1091	6476629.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	374.1091	5507509.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	394.9091	6471049.09
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	408.7758	6151129.09
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	422.6424	7108309.09
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	443.4424	7044769.09
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	478.1091	7936249.09

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
 Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)
 Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich
 Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-E Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.900	5850.0	1.2000	8250.0	24	28.8	198000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
Lapisan inti												
Kulit dalam t ₂ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.900	5850.0	1.2000	8250.0	24	28.800	198000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.400	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.727	228927.273

Total berat (kg) = 265.309

Total harga (Rp) = 1945309.09

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	329.3091	3679429.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	342.1091	4461169.09
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	350.6424	4195549.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	359.1758	4822009.09
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	371.9758	4601509.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	393.3091	4893529.09

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	345.3091	4617589.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	361.3091	5514169.09
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	371.9758	5092369.09
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	382.6424	6176629.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	398.6424	5759929.09
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	425.3091	6417229.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	369.3091	5448109.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	390.1091	6411649.09
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	403.9758	6091729.09
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	417.8424	7048909.09
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	438.6424	6985369.09
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	473.3091	7876849.09

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, 1.501 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Hull Side didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-F Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
serat Woven Roving untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.90	5850.0	1.2000	8250.0	24	28.8	198000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
Lapisan inti												
Kulit dalam t ₂ 2.85 mm	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
Total berat (kg) =											236.509	
Total harga (Rp) =											1747309.09	

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilete 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	300.509	3481429.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	313.309	4263169.09
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	321.842	3997549.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	330.376	4624009.09
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	343.176	4403509.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	364.509	4695529.09

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilete 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	316.509	4419589.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	332.509	5316169.09
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	343.176	4894369.09
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	353.842	5978629.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	369.842	5561929.09
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	396.509	6219229.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilete 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	340.509	5250109.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	361.309	6213649.09
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	375.176	5893729.09
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	389.042	6850909.09
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	409.842	6787369.09
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	444.509	7678849.09

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit luar, kulit dalam dan Divilete serta Lapisan Inti (Divinycell)
Variasi No 1 dan No 2 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)
Keterangan variasi No 1 dan No 2 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich
Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif B-B Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
Lapisan inti												
Kulit dalam t ₂ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
Total berat (kg) =											246.11	
Total harga (Rp) =											2010109.09	

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divynocell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.173	5280.0	12	0.96	56227.5	2.133	61507.5	24	51.200	1476180	297.31	3486289.09
2	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64.000	1734120	310.11	3744229.09
3	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.800	2515860	322.91	4525969.09
4	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.333	2250240	331.44	4260349.09
5	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.867	2876700	339.98	4886809.09
6	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	352.78	4666309.09

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divynocell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	12	1.2	82215.0	2.667	88815.0	24	64	2131560	310.11	4141669.09
2	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	326.11	4682389.09
3	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	342.11	5578969.09
4	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.66667	3147060	352.78	5157169.09
5	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.33333	4231320	363.44	6241429.09
6	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.33333	3814620	379.44	5824729.09

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divynocell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.907	8580	12	1.56	107100.0	3.467	115680.0	24	83.2	2776320	329.31	4786429.09
2	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	350.11	5512909.09
3	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	370.91	6476449.09
4	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.66667	4146420	384.78	6156529.09
5	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.33333	5103600	398.64	7113709.09
6	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.33333	5040060	419.44	7050169.09

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divynocell)

Variasi No 1 dan No. 2 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 dan No. 2 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif B-D Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.6	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
Lapisan inti												
Kulit dalam t ₂ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
Total berat (kg) =											224.29	
Total harga (Rp) =											1857490.91	

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.80 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.173	5280.0	12	0.96	56227.5	2.133	61507.5	24	51.200	1476180	275.49	3333670.91
2	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64.000	1734120	288.29	3591610.91
3	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.800	2515860	301.09	4373350.91
4	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.333	2250240	309.62	4107730.91
5	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.867	2876700	318.16	4734190.91
6	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	330.96	4513690.91

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.100 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	12	1.2	82215.0	2.667	88815.0	24	64	2131560	288.29	3989050.91
2	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	304.29	4529770.91
3	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	320.29	5426350.91
4	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.66667	3147060	330.96	5004550.91
5	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.33333	4231320	341.62	6088810.91
6	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.33333	3814620	357.62	5672110.91

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.130 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.907	8580	12	1.56	107100.0	3.467	115680.0	24	83.2	2776320	307.49	4633810.91
2	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	328.29	5360290.91
3	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	349.09	6323830.91
4	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.66667	4146420	362.96	6003910.91
5	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.53333	5103600	376.82	6961090.91
6	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.33333	5040060	397.62	6897550.91

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 dan No. 2 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 dan No. 2 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif B-G Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
Kulit dalam t ₂ 2.15 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200

Total berat (kg) = 202.47

Total harga (Rp) = 1704872.73

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.173	5280.0	12	0.96	56227.5	2.133	61507.5	24	51.200	1476180	253.67	3181052.73
2	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64.000	1734120	266.47	3438992.73
3	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.800	2515860	279.27	4220732.73
4	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.333	2250240	287.81	3955112.73
5	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.867	2876700	296.34	4581572.73
6	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	309.14	4361072.73

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	12	1.2	82215.0	2.667	88815.0	24	64	2131560	266.47	3836432.73
2	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	282.47	4377152.73
3	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	298.47	5273732.73
4	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.66667	3147060	309.14	4851932.73
5	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.33333	4231320	319.81	5936192.73
6	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.33333	3814620	335.81	5519492.73

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.907	8580	12	1.56	107100.0	3.467	115680.0	24	83.2	2776320	285.67	4481192.73
2	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	306.47	5207672.73
3	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	327.27	6171212.73
4	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.66667	4146420	341.14	5851292.73
5	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.53333	5103600	355.01	6808472.73
6	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.33333	5040060	375.81	6744932.73

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 dan No. 2 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt 3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 dan No. 2 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Alternatif D-D Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
Lapisan inti												
Kulit dalam t ₂ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182

Total berat (kg) = 202.47

Total harga (Rp) = 1704872.73

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.173	5280.0	12	0.96	56227.5	2.133	61507.5	24	51.200	1476180	253.67	3181052.73
2	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64.000	1734120	266.47	3438992.73
3	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.800	2515860	279.27	4220732.73
4	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.333	2250240	287.81	3955112.73
5	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.867	2876700	296.34	4581572.73
6	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	309.14	4361072.73

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	12	1.2	82215.0	2.667	88815.0	24	64	2131560	266.47	3836432.73
2	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	282.47	4377152.73
3	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	298.47	5273732.73
4	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.66667	3147060	309.14	4851932.73
5	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.33333	4231320	319.81	5936192.73
6	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.33333	3814620	335.81	5519492.73

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.907	8580	12	1.56	107100.0	3.467	115680.0	24	83.2	2776320	285.67	4481192.73
2	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	306.47	5207672.73
3	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	327.27	6171212.73
4	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.66667	4146420	341.14	5851292.73
5	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.53333	5103600	355.01	6808472.73
6	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.33333	5040060	375.81	6744932.73

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit luar, kulit dalam dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, 1.501 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif D-G Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.6	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
Lapisan inti												
Kulit dalam t ₂ 2.15 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
Total berat (kg) =										180.65		
Total harga (Rp) =										1552254.55		

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilete 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.173	5280.0	12	0.96	56227.5	2.133	61507.5	24	51.200	1476180	231.85	3028434.55
2	4500	1.467	6600.0	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64.000	1734120	244.65	3286374.55
3	4500	1.760	7920.0	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.800	2515860	257.45	4068114.55
4	4500	1.956	8800.0	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.333	2250240	265.99	3802494.55
5	4500	2.151	9680.0	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.867	2876700	274.52	4428954.55
6	4500	2.444	11000.0	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	287.32	4208454.55

Grade Lapisan Inti H 100 GS

No	Divilete 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal (mm)	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	12	1.2	82215.0	2.667	88815.0	24	64	2131560	244.65	3683814.55
2	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	260.65	4224534.55
3	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	276.65	5121114.55
4	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.66667	3147060	287.32	4699314.55
5	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.33333	4231320	297.99	5783574.55
6	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.33333	3814620	313.99	5366874.55

Grade Lapisan Inti H 130 GS

No	Divilete 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.907	8580	12	1.56	107100.0	3.467	115680.0	24	83.2	2776320	263.85	4328574.55
2	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	284.65	5055054.55
3	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	305.45	6018594.55
4	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.66667	4146420	319.32	5698674.55
5	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.53333	5103600	333.19	6655854.55
6	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.33333	5040060	353.99	6592314.55

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit luar, kulit dalam dan Divilete serta Lapisan Inti (Divinycell)
Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-B Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	24	43.2	297000
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	24	19.2	158400
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	5344.8	0.9091	7744.8	24	21.81818	185874.545
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	10530.0	2.40	25530.0	24	57.6	612720
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3617.2	0.9091	6017.2	24	21.81818	144412.066
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	5344.8	0.9091	7744.8	24	21.81818	185874.545
Total berat (kg) =										289.3091		
Total harga (Rp) =										2358935.7		

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinyell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	353.3091	4093055.7
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	366.1091	4874795.7
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	374.6424	4609175.7
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	383.1758	5235635.7
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	395.9758	5015135.7
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	417.3091	5307155.7

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinyell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	369.3091	5031215.7
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	385.3091	5927795.7
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	395.9758	5505995.7
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	406.6424	6590255.7
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	422.6424	6173555.7
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	449.3091	6830855.7

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinyell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	393.3091	5861735.7
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	414.1091	6825275.7
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	427.9758	6505355.7
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	441.8424	7462535.7
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	462.6424	7398995.7
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	497.3091	8290475.7

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinyell)

Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-D Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	24	43.2	297000
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	24	19.2	158400
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.81818	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.81818	152618.182

Total berat (kg) = 267.4909

Total harga (Rp) = 2082490.91

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	331.4909	3816610.91
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	344.2909	4598350.91
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	352.8242	4332730.91
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	361.3576	4959190.91
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	374.1576	4738690.91
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	395.4909	5030710.91

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	347.4909	4754770.91
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	363.4909	5651350.91
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	374.1576	5229550.91
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	384.8242	6313810.91
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	400.8242	5897110.91
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	427.4909	6554410.91

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	371.4909	5585290.91
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	392.2909	6548830.91
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	406.1576	6228910.91
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	420.0242	7186090.91
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	440.8242	7122550.91
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	475.4909	8014030.91

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell) Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt 3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif A-G Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 4.6 mm	mat 450	25%	0.45	3600	75%	1.3500	8775.0	1.8000	12375.0	24	43.2	297000
	WR 400	50%	0.4	4000	50%	0.4	2600.0	0.8000	6600.0	24	19.2	158400
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.72727	228927.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.15 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	5344.8	0.9091	7744.8	24	21.81818	185874.545
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	10530.0	2.40	25530.0	24	57.6	612720

Total berat (kg) = 245.6727

Total harga (Rp) = 2028649.09

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.80 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	309.6727	3762769.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	322.4727	4544509.09
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	331.0061	4278889.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	339.5394	4905349.09
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	352.3394	4684849.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	373.6727	4976869.09

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.100 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	325.6727	4700929.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	341.6727	5597509.09
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	352.3394	5175709.09
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	363.0061	6259969.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	379.0061	5843269.09
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	405.6727	6500569.09

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.130 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	349.6727	5531449.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	370.4727	6494989.09
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	384.3394	6175069.09
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	398.2061	7132249.09
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	419.0061	7068709.09
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	453.6727	7960189.09

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
Variasi No 1 s/d No 4 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 s/d No 4 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-B Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.90	5850.0	1.2000	8250.0	24	28.8	198000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3617.2	0.9091	6017.2	24	21.8182	144412.066
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
Total berat (kg) =										255.709		
										Total harga (Rp) = 1969502.98		

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.80 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	319.709	3703622.98
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	332.509	4485362.98
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	341.042	4219742.98
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	349.576	4846202.98
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	362.376	4625702.98
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	383.709	4917722.98

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.100 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	335.709	4641782.98
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	351.709	5538362.98
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	362.376	5116562.98
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	373.042	6200822.98
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	389.042	5784122.98
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	415.709	6441422.98

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.130 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	359.709	5472302.98
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	380.509	6435842.98
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	394.376	6115922.98
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	408.242	7073102.98
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	429.042	7009562.98
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	463.709	7901042.98

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-D Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.90	5850.0	1.2000	8250.0	24	28.8	198000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
Total berat (kg) =											233.891	
Total harga (Rp) =											1825090.91	

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divynycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	297.891	3559210.91
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	310.691	4340950.91
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	319.224	4075330.91
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	327.758	4701790.91
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	340.558	4481290.91
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	361.891	4773310.91

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divynycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	313.891	4497370.91
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	329.891	5393950.91
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	340.558	4972150.91
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	351.224	6056410.91
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	367.224	5639710.91
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	393.891	6297010.91

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divynycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	337.891	5327890.91
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	358.691	6291430.91
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	372.558	5971510.91
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	386.424	6928690.91
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	407.224	6865150.91
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	441.891	7756630.91

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divynycell)

Variasi No 1 dan No 2 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B.501 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No1 dan No 2 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif E-G Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.7 mm	mat 300	25%	0.3	2400	75%	0.90	5850.0	1.2000	8250.0	24	28.8	198000
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.9136	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.15 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200

Total berat (kg) = 212.073

Total harga (Rp) = 1672472.73

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	276.073	3406592.73
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	288.873	4188332.73
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	297.406	3922712.73
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	305.939	4549172.73
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	318.739	4328672.73
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	340.073	4620692.73

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	292.073	4344752.73
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	308.073	5241332.73
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	318.739	4819532.73
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	329.406	5903792.73
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	345.406	5487092.73
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	372.073	6144392.73

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminat FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	316.073	5175272.73
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	336.873	6138812.73
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	350.739	5818892.73
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	364.606	6776072.73
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	385.406	6712532.73
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	420.073	7604012.73

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminat kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 dan No 2 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec.5, B 501 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi Noldan No 2 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich
Alternatif B-F gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminat kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 3.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.85 mm	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273

Total berat (kg) = 226.909
Total harga (Rp) = 1779709.09

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.80 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64	1734120	290.909	3513829.09
2	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	303.709	4295569.09
3	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.3333	2250240	312.242	4029949.09
4	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.8667	2876700	320.776	4656409.09
5	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.667	2656200	333.576	4435909.09
6	4500	2.933	13200	30	2.4	109642.5	5.333	122842.5	24	128	2948220	354.909	4727929.09

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.100 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.833	8250	15	1.5	103095.0	3.333	111345.0	24	80	2672280	306.909	4451989.09
2	4500	2.200	9900	18	1.8	138802.5	4.000	148702.5	24	96	3568860	322.909	5348569.09
3	4500	2.444	11000	20	2	120127.5	4.444	131127.5	24	106.667	3147060	333.576	4926769.09
4	4500	2.689	12100	22	2.2	164205.0	4.889	176305.0	24	117.333	4231320	344.242	6011029.09
5	4500	3.056	13750	25	2.5	145192.5	5.556	158942.5	24	133.333	3814620	360.242	5594329.09
6	4500	3.667	16500	30	3	169830.0	6.667	186330.0	24	160	4471920	386.909	6251629.09

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600 Fraksi berat = 55%			Divinycell H.130 GS Fraksi berat = 45%			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	harga Rp / kg	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	Tebal mm	Berat kg / m ²	Harga Rp / m ²	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	2.383	10725	15	1.95	135225.0	4.333	145950.0	24	104	3502800	330.909	5282509.09
2	4500	2.860	12870	18	2.34	173227.5	5.200	186097.5	24	124.8	4466340	351.709	6246049.09
3	4500	3.178	14300	20	2.6	158467.5	5.778	172767.5	24	138.667	4146420	365.576	5926129.09
4	4500	3.496	15730	22	2.86	196920.0	6.356	212650.0	24	152.533	5103600	379.442	6883309.09
5	4500	3.972	17875	25	3.25	192127.5	7.222	210002.5	24	173.333	5040060	400.242	6819769.09
6	4500	4.767	21450	30	3.9	225697.5	8.667	247147.5	24	208	5931540	434.909	7711249.09

Keterangan :

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)

Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt.3, Ch.4 Sec 5, B.101 (d / t₁ > 5.77)

Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich

Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Alternatif D-F Tabel perhitungan berat dan harga Panel Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich gabungan serat Woven Roving dengan serat Triaxial untuk laminate kulit lambung sisi

Kulit	Material	SERAT			RESIN			Laminate kulit		Total utk Lambung Kapal		
		fraksi berat	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	fraksi berat	berat kg / m ²	harga / kg 6500	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)
Kulit luar t ₁ 2.6 mm	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
	ETM1200	50%	1.2	15000	50%	1.20	7800.0	2.40	22800.0	24	57.6	547200
	mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1	24	21.8182	152618.182
Lapisan Inti												
Kulit dalam t ₂ 2.85 mm	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
	WR 800	50%	0.8	8000	50%	0.8	5200.0	1.6000	13200.0	24	38.4	316800
	mat 450	33%	0.45	3600	67%	0.91364	5938.6	1.3636	9538.6	24	32.7273	228927.273
Total berat (kg) =											205.091	
Total harga (Rp) =											1627090.91	

Grade lapisan inti H 80 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.80 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.173	5280	12	0.96	56227.5	2.133	61507.5	24	51.192	1476180	256.283	3103270.91
2	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64.008	1734120	269.099	3361210.91
3	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	281.891	4142950.91
4	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.344	2250240	290.435	3877330.91
5	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.864	2876700	298.955	4503790.91
6	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.656	2656200	311.747	4283290.91

Grade lapisan inti H 100 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.100 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.173	5280	12	0.96	56227.5	2.133	61507.5	24	51.192	1476180	256.283	3103270.91
2	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64.008	1734120	269.099	3361210.91
3	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	281.891	4142950.91
4	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.344	2250240	290.435	3877330.91
5	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.864	2876700	298.955	4503790.91
6	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.656	2656200	311.747	4283290.91

Grade lapisan inti H 130 GS

No	Divilette 600			Divinycell H.130 GS			Total untuk Panel Sandwich		Total utk Lambung Kapal			Total Laminate FRP Panel Sandwich	
	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 55%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	Fraksi berat = 45%	berat kg / m ²	harga Rp / m ²	Luas (m ²)	Berat (kg)	Harga (Rp)	Berat (kg)	Harga (Rp)
1	4500	1.173	5280	12	0.96	56227.5	2.133	61507.5	24	51.192	1476180	256.283	3103270.91
2	4500	1.467	6600	15	1.2	65655.0	2.667	72255.0	24	64.008	1734120	269.099	3361210.91
3	4500	1.760	7920	18	1.44	96907.5	3.200	104827.5	24	76.8	2515860	281.891	4142950.91
4	4500	1.956	8800	20	1.6	84960.0	3.556	93760.0	24	85.344	2250240	290.435	3877330.91
5	4500	2.151	9680	22	1.76	110182.5	3.911	119862.5	24	93.864	2876700	298.955	4503790.91
6	4500	2.444	11000	25	2	99675.0	4.444	110675.0	24	106.656	2656200	311.747	4283290.91

Keterangan

Berat dan harga total panel FRP Sandwich adalah jumlah dari material laminate kulit dalam, kulit luar dan Divilette serta Lapisan Inti (Divinycell)
 Variasi No 1 tidak dipilih karena kekuatan struktur tidak memenuhi persyaratan DNV Pt 3, Ch. 4 Sec 5, B 101 ($d/t_1 > 5.77$)
 Keterangan variasi No 1 ada pada tabel perhitungan kekuatan struktur panel FRP Sandwich
 Luas Lambung sisi didapat dari data kapal yang ditinjau

Spesimen A

		Volume Fiber	Volume Resin	Berat Fiber	Berat Resin	Tebal Fiber	Tebal Resin
Mat 450	25%.75%	5400	33000	13.5	40.5	0.18	1.1
WR 400	50%.50%	4800	9900	12	12	0.16	0.33
Mat 450	33%.67%	5400	22200	13.5	27.41	0.18	0.74
WR 800	50%.50%	9300	19500	24	24	0.31	0.65
Mat 450	33%.67%	5400	22200	13.5	27.41	0.18	0.74
Total		30300	106800	76.5	131.3	1.01	3.56
Total Laminate			137100		207.8		4.57

Catatan

Pembagian resin

,2/3	,1/3	
22	11	ml
6.6	3.3	ml
14.8	7.4	ml
13	6.5	ml
14.8	7.4	ml

Spesimen B

		Volume Fiber	Volume Resin	Berat Fiber	Berat Resin	Tebal Fiber	Tebal Resin
Mat 300	25%.75%	3600	21900	9	27	0.12	0.73
Mat 300	33%.67%	3600	15000	9	18.27	0.12	0.5
ETM1200	50%.50%	14100	29400	36	36	0.47	0.98
Mat 300	33%.67%	3600	15000	9	18.27	0.12	0.5
Total		24900	81300	63	99.55	0.83	2.71
Total Laminate			106200		162.5		3.54

,2/3	,1/3	
14.6	7.3	ml
10	5	ml
19.6	9.8	ml
10	5	ml

Spesimen C

		Volume Fiber	Volume Resin	Berat Fiber	Berat Resin	Tebal Fiber	Tebal Resin
Mat 450	33%.67%	5400	22200	13.5	27.41	0.18	0.74
WR 800	50%.50%	9300	19500	24	24	0.31	0.65
Mat 450	33%.67%	5400	22200	13.5	27.41	0.18	0.74
Mat 450	33%.67%	5400	22200	13.5	27.41	0.18	0.74
Total		25500	86100	64.5	106.2	0.85	2.87
Total Laminate			111600		170.7		3.72

,2/3	,1/3	
14.8	7.4	ml
13	6.5	ml
14.8	7.4	ml
14.8	7.4	ml

Spesimen D

		Volume Fiber	Volume Resin	Berat Fiber	Berat Resin	Tebal Fiber	Tebal Resin
Mat 300	33%.67%	3600	15000	9	18.27	0.12	0.5
ETM1200	50%.50%	14100	29400	36	36	0.47	0.98
Mat 300	33%.67%	3600	15000	9	18.27	0.12	0.5
Total		21300	59400	54	72.55	0.71	1.98
Total Laminate			80700		126.5		2.69

,2/3	,1/3	
10	5	ml
19.6	9.8	ml
10	5	ml

Spesimen E

		Volume Fiber	Volume Resin	Berat Fiber	Berat Resin	Tebal Fiber	Tebal Resin
Mat 300	25%.75%	3600	21900	9	27	0.12	0.73
Mat 450	33%.67%	5400	22200	13.5	27.41	0.18	0.74
WR 800	50%.50%	9300	19500	24	24	0.31	0.65
Mat 450	33%.67%	5400	22200	13.5	27.41	0.18	0.74
Total		23700	85800	60	105.8	0.79	2.86
Total Laminate			109500		165.8		3.65

,2/3	,1/3	
14.6	7.3	ml
14.8	7.4	ml
13	6.5	ml
14.8	7.4	ml

Spesimen F

		Volume Fiber	Volume Resin	Berat Fiber	Berat Resin	Tebal Fiber	Tebal Resin
Mat 450	33%.67%	5400	22200	13.5	27.41	0.18	0.74
WR 800	50%.50%	9300	19500	24	24	0.31	0.65
Mat 450	33%.67%	5400	22200	13.5	27.41	0.18	0.74
Total		20100	63900	51	78.82	0.67	2.13
Total Laminate			84000		129.8		2.8

,2/3	,1/3	
14.8	7.4	ml
13	6.5	ml
14.8	7.4	ml

Spesimen G

		Volume Fiber	Volume Resin	Berat Fiber	Berat Resin	Tebal Fiber	Tebal Resin
Mat 300	33%.67%	3600	15000	9	18.27	0.12	0.5
ETM1200	50%.50%	14100	29400	36	36	0.47	0.98
Total		17700	44400	45	54.27	0.59	1.48
Total Laminate			62100		99.27		2.07

,2/3	,1/3	
10	5	ml
19.6	9.8	ml

Catatan 150 ml Resin = 1.5 ml katalis (1% katalis)
 sa tuan berat dalam gram
 satuan volume dalam mm³, dimana 1 mm³ = 0.001 ml.

Table A1

Structural member	Core properties (N/mm ²)	
	Shear strength	Com- pression strength
Hull bottom below deepest WL	0,8	0,9
Hull side and transom above deepest WL	0,8	0,9
Weather deck not intended for cargo	0,5	0,6
Cargo deck	0,8	0,9
Accommodation deck	0,5	0,6
Structural/watertight bulkheads	0,5	0,6
Superstructures and deck-houses	0,5	0,6
Tank bulkheads	0,5	0,6

Table A3

Structural member	σ_n	τ_c	$\frac{w}{b}$
Bottom panels exposed to slamming	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,35 \tau_c^{1)}$	0,01
Remaining bottom and inner bottom	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Side structures	$0,3 \sigma_{ny}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Deck structures	$0,3 \sigma_{ny}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Bulkhead structures	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Superstructures	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Deckhouses	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
All structures exposed to long time static loads	$0,20 \sigma_{ny}$	$0,15 \tau_c$	0,005

1) The allowable stress level for bottom panels exposed to slamming loads refers to core materials with a shear elongation of at least 20%. For core materials with a lower fracture elongation the allowable stress will be considered individually. For materials with a higher fracture elongation than 20% an increase of the allowable stress level may be accepted upon special consideration.

Table A2

Structural member	l_0		k
	Exposed ¹⁾	Protected ¹⁾	
Hull bottom below deepest WL	1,5	1,0	0,09
Hull side and transom above deepest WL	1,5	1,0	0,09
Stem and keel to 0,01 from centreline	5,0	4,0	0,09
Weather deck not intended for cargo	1,5	1,0	0,05
Cargo deck	2,5	1,0	0,05
Accommodation deck	1,5	1,0	0,03
Structural/watertight bulkheads	1,5	1,0	0,03
Superstructures and deckhouses	1,5	1,0	0,03
Tank bulkheads	2,0	1,5	0,05

1) The term exposed means a side of a panel which is subject to permanent liquid submergence or which can be exposed to local mechanical abrasive or impact loads.

The term protected means a side of a panel which is not subject to loads as described above.

- σ_{nu} = the ultimate tensile stress for skin laminates exposed to tensile stresses
 = the smaller of the ultimate compressive stress and the critical local buckling stress, according to B 300, for skin laminates exposed to compressive stresses.
 τ_u = the minimum ultimate shear stress of sandwich core material given on the type approval certificate.

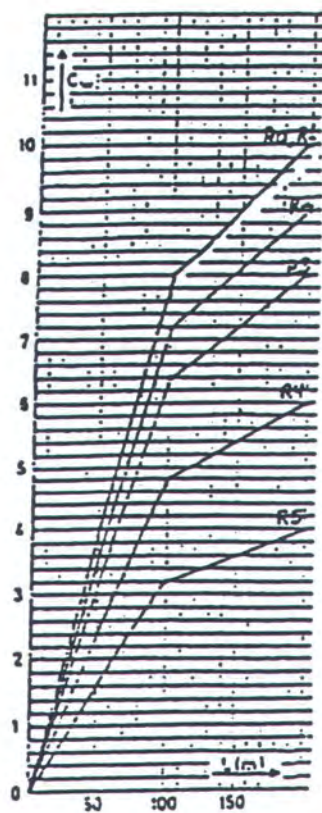


Fig. 1
Wave coefficient.

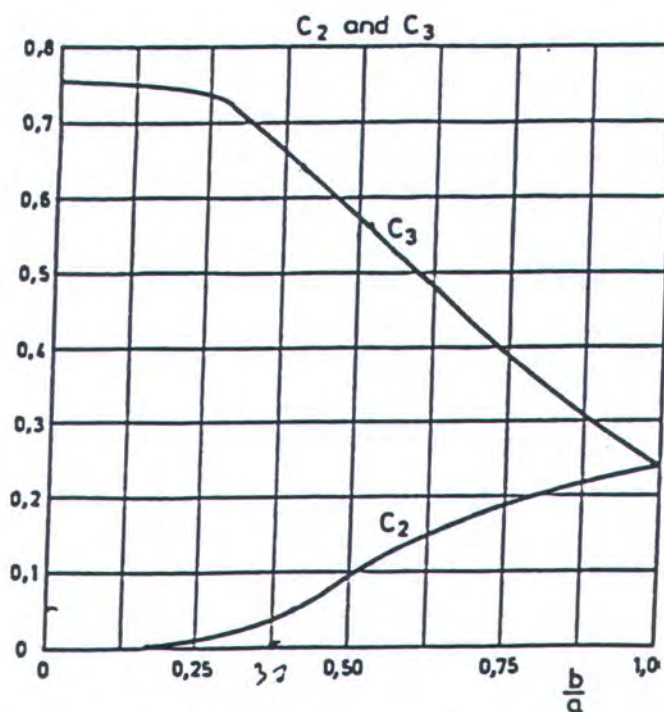


Fig. 1 Sandwich panels: Factors C_2 and C_3

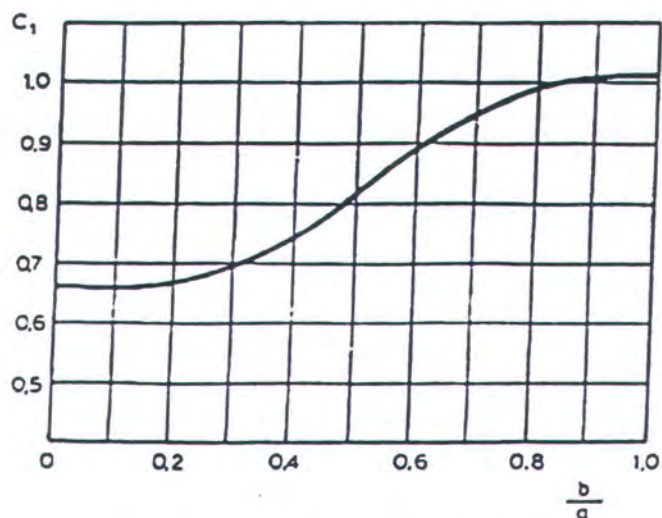


Fig. 2 Sandwich panels: Factor C_1

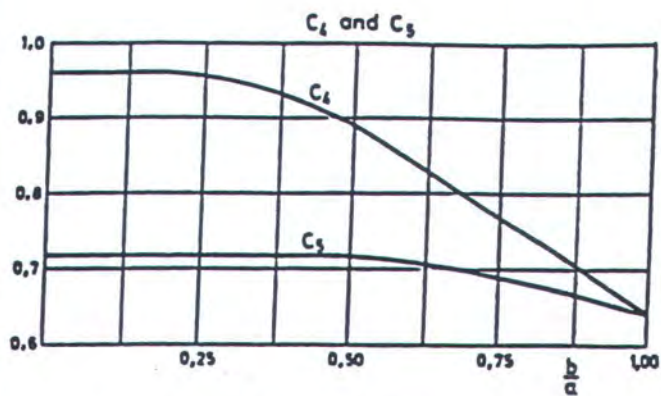


Fig. 3 Sandwich panels: Factors C₄ and C₅

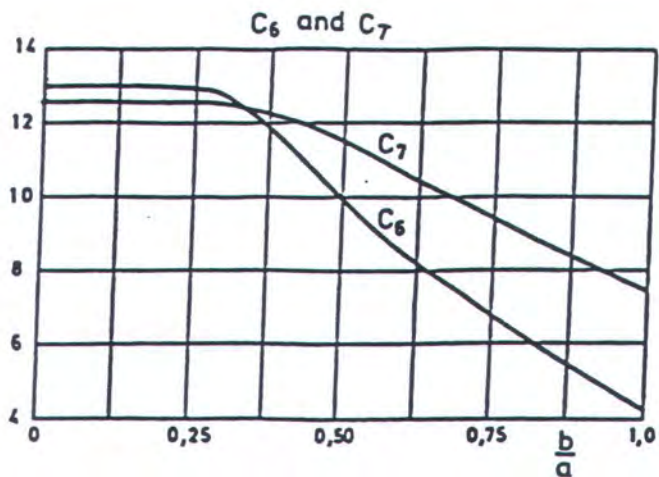


Fig. 4 Sandwich panels: Factors C₆ and C₇

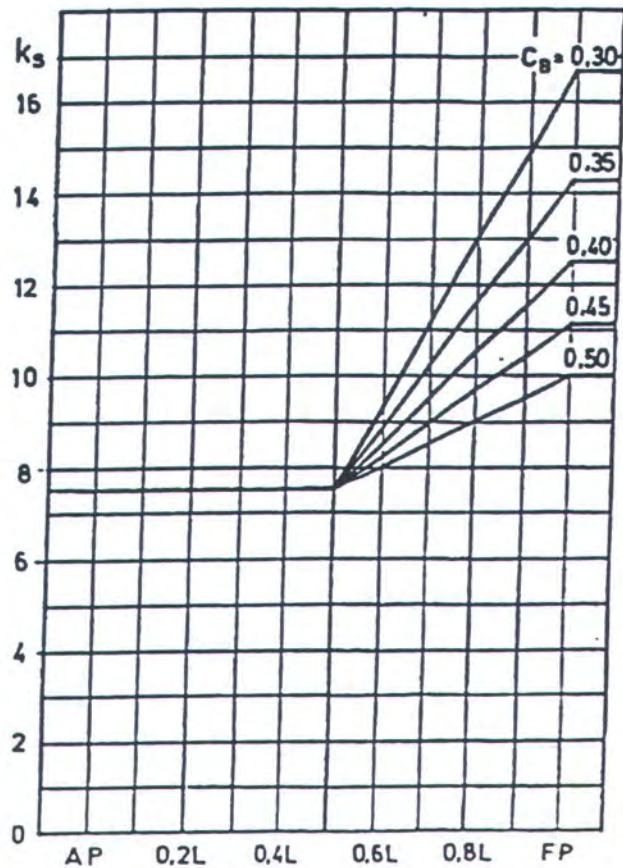


Fig. 7
Sea load distribution factor.

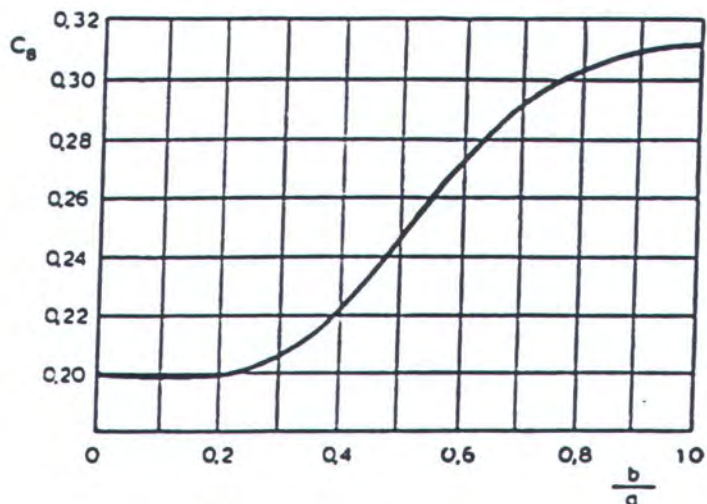
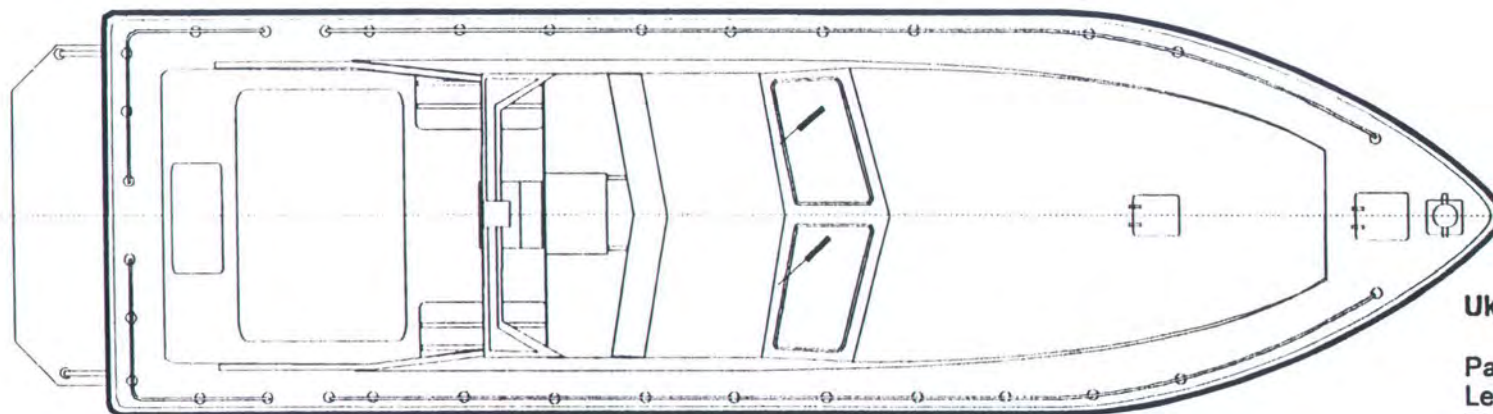
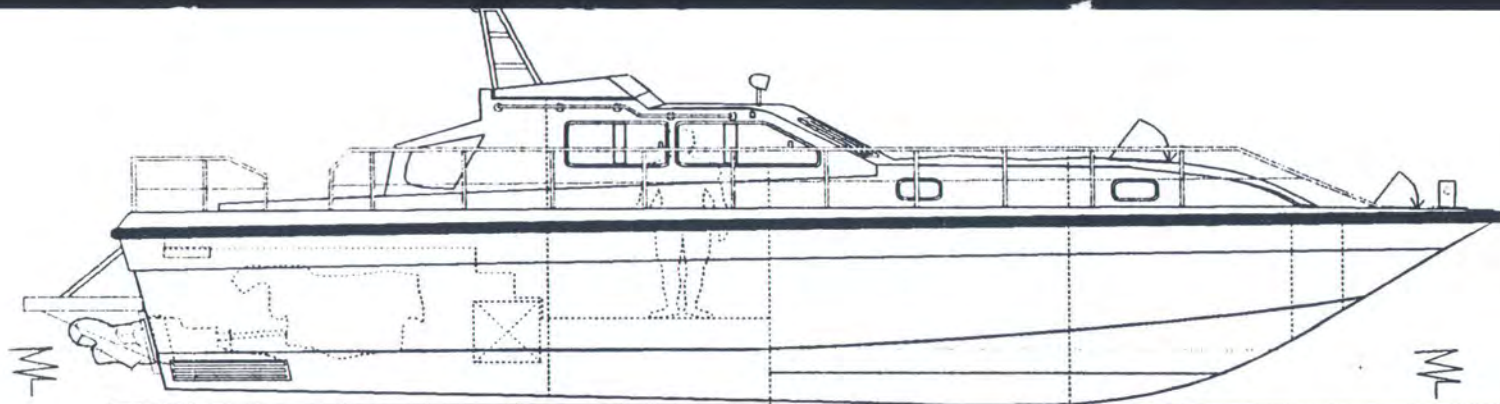
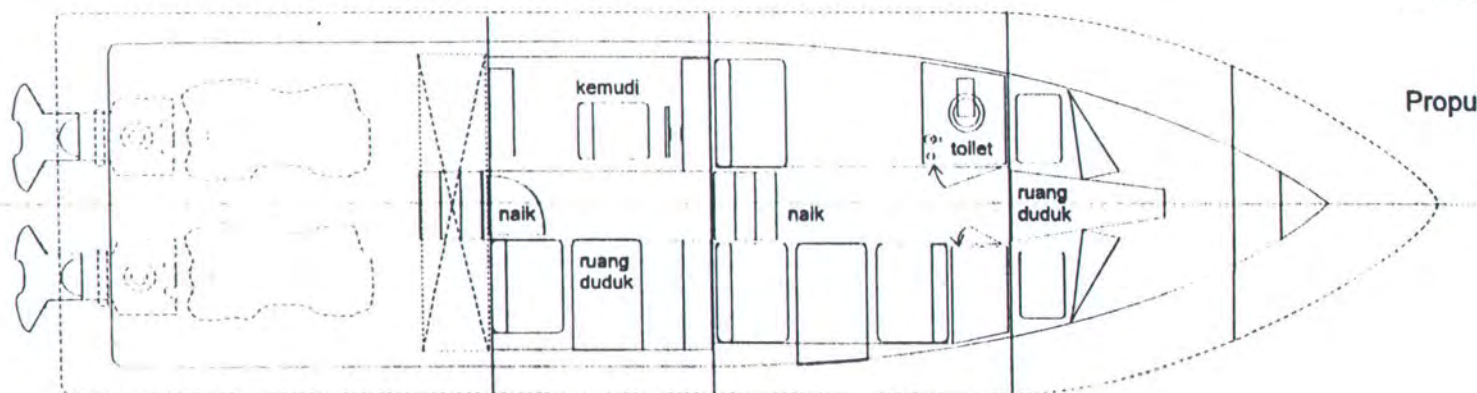


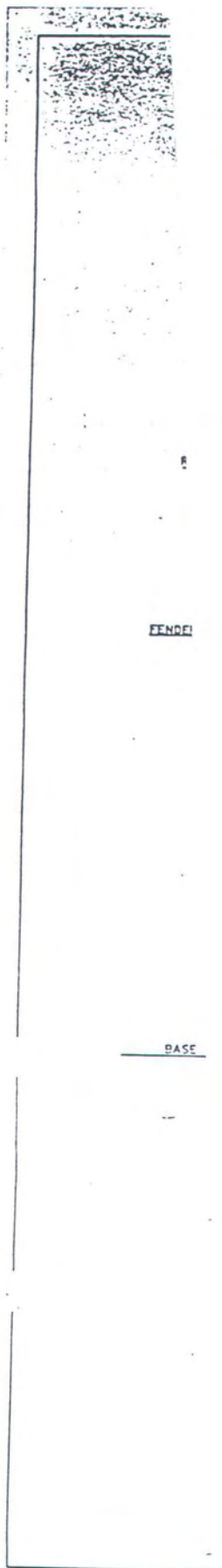
Fig. 5 Sandwich panels: Factor C₄



Ukuran utama :

Panjang : 12.00 M
 Lebar : 3,50 M
 Tinggi : 1,55 M
 Penggerak : Baudouin
 Marine Diesel
 Engine
 2 x 450 HP
 Propulsi : Hamilton Jet
 291





Material	Harga (Rp)
Chopped Strand Mat 300	2400 / m ²
Chopped Strand Mat 450	3600 / m ²
Woven Roving 400	4000 / m ²
Woven Roving 800	8000 / m ²
Triaxial	15000 / m ²
Divilette 600	4500 / kg
Poliester resin Yukalac 157 BQTN-EX	6500 / kg

DMNYCELL , Asia Distributor Price List

In USD Per Metre Square

ExWorks Des do Texas

Price Effective From 1/4/86

GRID SCORED

GRADE SHEET SIZE SQM/SHEET	H-45-GS 1220 X 910 0.99	H-60-GS 1220 X 910 0.99	H-80-GS 1220 X 910 0.99	H-100-GS 1000 X 910 0.80	H-130-GS 900 X 910 0.79
Thickness					
6 mm	\$13.96	\$15.07	\$18.08	\$25.15	\$29.39
10 mm	\$17.56	\$19.40	\$23.98	\$36.44	\$39.92
12 mm	\$19.77	\$22.04	\$24.99	\$36.54	\$47.60
15 mm	\$22.95	\$24.02	\$29.18	\$45.82	\$60.10
20 mm	\$28.34	\$32.00	\$37.76	\$53.39	\$70.43
25 mm	\$31.70	\$35.98	\$44.30	\$64.53	\$85.39
30 mm	\$38.88	\$40.97	\$48.73	\$75.48	\$100.31
35 mm	\$41.30	\$44.31	\$58.11	\$94.82	\$115.26
40 mm	\$45.06	\$52.79		\$97.34	\$130.20

Catatan : \$ 1 = Rp. 2250



Spesimen A



Spesimen B



Spesimen C



Spesimen D



Spesimen E



Spesimen F



Spesimen G

